

В. Р. ВОЛОБУЕВ

СИСТЕМА ПОЧВ МИРА

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии наук Азербайджанской ССР

АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ



В.Р. ВОЛОБУЕВ

СИСТЕМА ПОЧВ МИРА

Издательство „Элм". Баку – 1973

Редактор *М. Э. Салаев*

Монография члена-корреспондента АН СССР, академика АН Азербайджанской ССР В. Р. Волобуева посвящена общим вопросам классификации и диагностики почв. В ней с новых позиций подробно исследуются основы классификации почв, координатный метод их диагностики, дается эколого-генетический анализ почвенного покрова, систематизация почвенных типов.

Рассматривая учение о генезисе и эволюции почв, автор развивает идеи классификации почв с учетом типов органо-минеральных реакций, почвенных формаций и почвенных общностей, останавливается на энергетическом аспекте в классификации почв.

При изложении основ координатного метода диагностики особое внимание уделяется использованию для этой цели данных группового и фракционного состава гумуса почв, а также характерных генетических горизонтов почвенного профиля. Экологический анализ почвенного покрова выполнен на материале территорий Евразии, Кавказа, Африки, Северной и Южной Америки. При этом произведена систематизация почвенных типов, рассмотрены главные особенности почв выделенных классов почвообразования, дано распределение почв по почвенным общностям.

Книга рассчитана на почвоведов, агрохимиков, преподавателей и студентов вузов, а также на практических работников сельского хозяйства.

4-3-4
80-72 М

© И здательство „Элм", 1973

Волобуjев Владимир Радионович

Дүнjа торпаглары системи

(Рус дилиндә)

ОТ АВТОРА

Разностороннее и глубокое знание почвы—самостоятельного тела природы — приобретает все большее значение в связи с быстро возрастающей потребностью обеспечения пищей населения земли. Изучение почв постоянно расширяется, почвенными съемками охватываются все новые районы, а сами съемки проводятся со все большей основательностью и детальностью. Работы эти позволили выявить и чрезвычайное разнообразие почв.

Однако изучение почв весьма затрудняется отсутствием достаточно обоснованной классификации их. Конечно, в этом сказывается относительная молодость самой науки — генетического почвоведения, основные идеи которого были сформулированы лишь в конце прошлого столетия В. В. Докучаевым. Определенное значение имеет и само многообразие почв. Но главные причины нерешенности классификационной проблемы в почвоведении более глубоки.

В любом научном познании классификации изучаемых объектов принадлежит выдающееся место — это главное орудие упорядочения многообразия, определения общих различий и частных особенностей. Но в области естественных наук роль классификации далеко не сводится только к ее прагматической роли. Здесь классификацией общего значения может быть только классификация генетическая, учитывающая соотношения, возникающие в процессе развития рассмотренных объектов.

Из этого исходного положения следует, что естественная классификация должна исходить в своих начальных ступенях из наиболее простых, а вместе с тем и наиболее общих элементов, т. е. свойственных любому почвенному образованию. Последовательное усложнение и увеличение числа учитываемых признаков, в конечном итоге, позволит представить в систематизированном виде все типовое многообразие почв. В своем содержании генетическая классификация должна отражать такие составляющие: из чего и как образовались рассматриваемые природные тела. С другой стороны, классификация, претендующая на генетическую значимость, должна быть в определенном соответствии и с теми признаками, которые могли бы разъяснить, в каких условиях образовался объект.

Как видим, создание классификации почв — задача действительно сложная.

Автор занимается разработкой классификации почв уже ряд лет (первые публикации относятся к 1955, 1956 гг.). В основе классификационных построений автора лежит представление о типах органо-минеральных реакций.

Наряду с классификационными работами, автор вел исследования

и в области экологии почв («Почвы и климат», 1953; «Экология почв», 1963 и др.).

По мере развития работ в этих направлениях все более выяснялась органическая связь между классификацией почв и присущими им экологическими отношениями. Оба направления взаимно обогащались и все более четко проявлялись элементы соответствия между ними.

Таким образом, как определенный синтез двух направлений работ автора — классификационного и экологического — и возник настоящий труд.

Автор хорошо понимает, что разрабатываемая проблема чрезвычайно сложна и на пути ее решения много и много трудностей. Но автор полагал также, что лучший путь проверки полезных идей и предложений — практическое решение определенных задач. В нашем случае — это создание системы почв мира.

ЧАСТЬ I

ОСНОВЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ

ГЛАВА 1

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ И СОСТОЯНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ

Наука о почве за время, прошедшее после того как В. В. Докучаевым были сформулированы основные идеи генетического почвоведения, развилась в широкую и важную отрасль современного естествознания и по праву занимает место в иерархии наук рядом с ботаникой, геологией, зоологией, климатологией.

Почвоведение располагает системой теоретических положений о происхождении почв, природе их свойств и законах распространения. Содержание теоретических исследований стало весьма разносторонним, и они ведутся с привлечением новейших методов и представлений химии, физики, физико-химии. Все шире прибегают к математической трактовке понятий и экспериментальных данных.

Почвоведы успешно разрабатывают актуальные проблемы правильного использования земель, охваченных сельскохозяйственной культурой, решают задачи освоения новых территорий, дают рекомендации по сложнейшим вопросам земельных мелиораций.

Но, наряду с этим, в почвоведении все более ощущается и нерешенность некоторых кардинальных проблем. В числе таких проблем прежде всего укажем отсутствие до сего времени генетической классификации почв.

Разработка вопросов классификации почв в силу значительного расширения почвенных исследований во всех странах мира в последние годы усилилась. Вместе с тем большую актуальность приобрела задача агропроизводственной группировки почв, которая может быть успешно решена только при условии правильного разъяснения генетической природы почв. Наконец, активность в разработке классификации почв обусловлена и общим прогрессом в деле познания почв мира.

В наше время идет быстрое накопление новых сведений о почвах ранее малоизученных или вовсе неисследованных стран, как и материалов углубленного изучения большого числа почвенных типов, включая и данные по динамике процессов почвообразования. Все это создает благоприятные возможности для разработки вопросов генетической классификации почв. Однако все еще не установлены общие принципы классификации, а предложения в этой области исходят из довольно различных идей.

Решение классификации почв, отвечающее современному состоянию почвоведения, конечно, не частная задача науки о почве. Классификация должна вытекать из всей суммы накопленных знаний о почвах, отразить в себе основополагающие идеи современного почвоведения. Из нее же должен следовать и подход к диагностике почв. Наконец, правильно

решенная классификация явится полезной и в истолковании закономерностей географии почв.

Из опыта прошлого, который должен послужить современным целям классификации почв, на первое место надо поставить полезные идеи, уже служившие классификационному подразделению почв. Но в этой области было сделано столько предложений, что полный разбор их — уже скорее задача историка науки. Для наших же целей с успехом можно опереться на уже производившиеся соответствующие обзоры.

Здесь прежде всего вспомним превосходные очерки классификационной проблемы на первом этапе ее развития К. Д. Глинки (1931), а также Я. Н. Афанасьева (1927) (подготовлен к I конгрессу Международного общества почвоведов в 1927 г.). Позже обзор «русского подхода» к классификации почв сделан Дж. Басинским (Basinsci, 1959). Многие аспекты идей классификации рассмотрел Е. Эвальд. (Ehwald, 1965). В обзорной работе И. П. Герасимова и Е. Н. Ивановой (1958) указаны 3 основных направления в разработке общих вопросов классификации почв.

В основе классификационных работ советских почвоведов лежит идея о генетических типах почв. В группировке более высокого порядка часто используется географический принцип. Успешно развивается историко-эволюционная концепция.

Новейшие тенденции в разработке вопросов классификации почв западноевропейскими исследователями показывают стремление к синтезу генетического и агроэкологического направлений и к возможно полному учету минерально-петрографических особенностей почв.

В классификации почв США имелась достаточно явственная двойственность в подходе к категориям высоких порядков, в отношении которых широко использовались географо-генетические признаки, и низших (серии почв), подразделяемых главным образом на основе отдельных свойств почвенных горизонтов.

В классификационных работах последних лет состав учитываемых почвенных характеристик расширяется. При выделении классификационных категорий (классы, группы типов, типы) советские почвоведы привлекают данные о процессах выветривания, составе гумуса, тепловом и водном режимах, биологическом круговороте веществ. В новейшей американской работе (Soil classification.., 1960, далее в тексте — «7-th Approximation» или «7-е приближение») широко используются количественные характеристики, включаются и данные новых методов исследования почв: рентгенографический, термоанализ, спектроскопический, микроморфологический и др. Приходится, однако, заметить, что предложения американских почвоведов являются в сущности лишь системой диагностики и номенклатуры, а не классификацией почв.

Чтобы полнее понять современные предложения и представления в области классификации почв, остановимся на последних примерах и суждениях по этим вопросам.

В Советском Союзе классификацию почв ряд лет разрабатывают Е. Н. Иванова и Н. Н. Розов (1956, 1960, 1964, 1967, 1968), И. П. Герасимов, А. А. Завалишин, Е. И. Иванова (1939), В. А. Ковда, Е. В. Лобова, Б. Г. Розанов (1964) и др.

Хотя предложения первых авторов заметно изменялись от одной публикации к другой, их классификация, как это было справедливо отмечено Ю. А. Ливеровским (1969) в его разностороннем разборе, опирается не на твердо определенные признаки разделения собственно почв, а является факторно-генетической, т. е. построена прежде всего на различиях в условиях почвообразования (полярное почвообразование, суббореальное почвообразование, субтропическое почвообразо-

вание и т. п.). При этом идентичность или различия факторов почвообразования определяются весьма условными показателями.

Аналогичные суждения об этой классификации высказаны и в зарубежных публикациях (Smith, 1965; Avery, 1968), считающих, что главные подразделения ее — это биоклиматический и гидрологический режимы и почвообразующие породы, а отсутствие точных определений делает однозначное применение этих признаков трудной задачей.

Кстати, последние публикации указанных авторов (Розов, Иванова, 1967, 1967а) содержат некоторые новые рациональные элементы в классификационном делении почв (учет коры выветривания, фракционно-группового состава гумуса, энергетические показатели). Однако это — не вполне увязанные заимствования из других предложений. Именно поэтому радикального улучшения системы не достигнуто и она сохранила основные недостатки.

Предложения, касающиеся классификационного деления лесных почв, имеются в работе С. В. Зонна (1963).

В. А. Ковда, Е. В. Лобова, Б. Г. Розанов (1967) развили классификацию почв на историко-генетическом принципе. Задачи классификации при этом определены следующим образом: 1) установить и отразить основные стадии процесса возникновения и развития почв; 2) установить и отразить их историко-генетическую связь; 3) вскрыть и понять основные свойства, противоречия и ведущие факторы, двигающие процессы развития почв на каждой стадии; 4) указать пути к открытию новых типов почв и новых свойств; 5) ориентировать практику в методах рационального использования почв в земледелии, мелиорации, лесоводстве, инженерном деле и др. На эту классификацию был дискуссионный отклик в печати (Герасимов, 1968).

За рубежом проблема классификации почв также интенсивно разрабатывается и по этому поводу ведутся довольно острые дискуссии. В недавние годы подобная полемика возникла между В. Кубиеной (Kubiena, 1958) и Липером (Leeper, 1956). В. Кубиена выступил как убежденный сторонник генетического подхода к классификации почв, считая, что только природная классификация может стать общей основой в разделении почв.

За рубежом широко пропагандируется система, предложенная работниками почвенной службы Департамента земледелия США, известная под наименованием «7-е приближение».

Разработка этой классификации ведется уже давно. Так, еще в 1949 г. М. Клайн (Cline, 1949) выступил со статьей, в которой изложил свое понимание принципов классификации почв. Статью он начал с тезиса: «Целью каждой классификации является организация нашего знания с тем, чтобы свойства объектов могли быть запомнены и их отношения поняты наиболее легко *для определенной цели*».

Имеются и исследования по установлению признаков, которые должны быть учтены в классификации. В этом отношении интересна, например, работа Е. Винтерса и Р. Саймонсона (Winters, Simonson, 1951), посвященная последовательному разбору характерных горизонтов почвенного профиля.

Указанная система, по мысли авторов, опирается на точно описываемые или оцениваемые признаки и предназначена прежде всего для использования в практике. В этих тезисах выражена философская позиция авторов — следование операционному принципу П. Бриджмена (Bridgeman, 1927). Подробно она представлена в статье М. Клайна (Cline, 1963). В последней, в разделе о роли человеческого понимания подчеркивается, что Почвенное бюро полагает, что классификация не является истинной, если она дедуктивна (надумана) — она есть приспо-

собление человека для организации идей на путях, кажущихся полезными. Классификация опирается на понимание опыта прошлого. Часть этого понимания исходит из данных наблюдений и эксперимента, которые рассматриваются как факты, даже если они восприняты только через перспективу операции, через которую данные были получены. С другой стороны, устанавливаются чисто эмпирические взаимосвязи — качественные или количественные; последние называются законами. Эти взаимосвязи — начала «обозрения», согласно Бриджмену, или кульминационный пункт в попытках понять природу: «возможно анализировать природу внутри корреляций без... допущения какого бы то ни было характера этих корреляций». К этому еще добавляется, что идти далее того, что может дать чистая корреляция, по пути гипотез — есть «предвосхищение будущего». Отмечается, что многим существующим классификациям свойственна именно эта структура, т. е. следование гипотезам.

Останавливаясь на целях, основах и критериях системы, автор пишет, что Смит (Smith, 1963) и Келлог (Kellogg, 1963) придают особое значение тому, что новая классификационная система развивается главным образом для обслуживания почвенных исследований в США. Цели, определившие систему,—практические. Классы системы, однако, образованы не как объяснительные. «Практическая» роль классов есть передача тождественности неидентифицированных реальных вещей в группах, которые могли бы быть объяснены. В качестве реальной «индивидуальной почвы» принимается почвенное тело (body), связанное с границами изменяющейся среды. «Индивидуальные почвы» являются географической единицей. «Pedons» (педоны) — образчики почвенной единицы, при помощи которой ее характеристики учитываются на практике. Именно «индивидуальные почвы», но не педоны — реальная основа классификации.

Почвенные свойства, образчиками которых служат педоны, и их изменение внутри и среди «индивидуальных почв» являются критерием классов. Однако педоны сами по себе еще не могут охарактеризовать реальную почву. Почвы познаются и почвенная карта составляется с учетом эмпирически установленных связей между признаками внутренних почвенных качеств и элементами окружающей среды. Именно знание этих связей и делает возможным картографирование почв.

В описываемой системе совершенно новым элементом стало создание искусственной номенклатуры, что, по мысли авторов, должно устранить разноречивость в применяемых наименованиях почв.

Несомненно, обработка огромного фактического материала, предшествовавшая созданию «7-го приближения», более строгое определение характеристик некоторых групп почв—полезные результаты этого предложения. Однако отсутствие в этой системе генетической основы ничего, по существу, не давало в отношении понимания действительной природы почв, зачастую генетически близкие почвы помещались в разные разделы системы.

Опубликование «7-го приближения» вызвало ряд откликов. В советской печати подробный разбор системы дан И. П. Герасимовым (1962), который в итоге заключает, что «несмотря на огромную проделанную работу, опубликованный результат ее в виде седьмого приближения к исчерпывающей системе классификации почв не решил поставленной задачи». Главные причины этого он видит в двойственности в подходах к высшим и низшим систематическим единицам классификации и в самодовлеющем значении в первую очередь морфологических, а также ряда других характеристик отдельных качеств и

свойств почв в ущерб генетическому содержанию. И. П. Герасимов отмечает и положительные стороны рассматриваемой системы: внимание к свойствам и диагностике обрабатываемых почв, использование новейших представлений и методов, систематизация фактического материала. Были опубликованы и другие критические суждения о системе (Ерохина и Соколова, 1964; Зонн, 1964; Глазовская, 1964 и др.).

Е. Эвальд (Ehwald, 1965) подробно сопоставил эти систему с прежней американской, советской и французской классификациями и отметил, в общем, ее полезность. Вместе с тем он высказался и в том смысле, что окончательное суждение о системе может быть сделано только после проверки ее на примере почв других стран. Эвальд считает, что в системе следовало бы использовать вполне оправдавшее себя представление о генетическом типе почв; несмотря на стремление авторов представить ее как генетическую, во многих случаях этот критерий недостаточен или вообще отсутствует.

Совсем недавно серьезные критические замечания в отношении «7-го приближения» высказаны Е. Фитцпатриком (Fitzpatric, 1967), отметившим, что эта система не есть простой принцип или последовательное его использование при определении порядков. Так, одни из порядков определены по наличию характерных горизонтов, другие — как аридисоли — по окружающим факторам, гистосоли — по степени разложения органической массы и т. д., определения диагностических горизонтов во многом неясны и др.

Неудовлетворительное положение с созданием классификации почв явилось предметом специального рассмотрения в двух докладах на VIII Международном конгрессе почвоведов в Австралии.

Ф. Гиббонс (Gibbons, 1968) указывал, что классификация, чтобы быть полезной, должна обеспечивать легкую получаемость данных, создавать возможности для предсказания и подсказывать необходимые признаки для различения почв на разных уровнях, причем эти признаки должны твердо отвечать целям классификации. Ценность признаков может быть повышена выяснением степени корреляции их между собой, так же как и между признаками и окружающей средой. Отсутствие исследований по соотношениям между почвенными признаками и целями, с которыми они используются, — недостаток многих систем, в том числе и числовой таксономии. Подчеркивание необходимости знания соотношений между признаками окружающей среды, надо сказать, — новый и симптоматичный элемент в рассуждениях зарубежного исследователя. Им же указано на наличие двух подходов в классификации.

Ф. Гиббонс также различает две группы классификации. В одной из них используется адансоновский принцип необходимости использовать при классификации все возможные признаки без предварительного их отбора, поскольку каждый из них может оказаться полезным на разных этапах классификации; классы должны быть основаны на степени родства, существующего между объектами в отношении всех используемых признаков. Эти требования соблюдаются, в частности, в числовом методе.

В противоположность этому в других классификациях ценность признаков предполагается априори. К ним Гиббонс относит классификации Стефенса, Кубиены, «7-е приближение» и Нортскота. В них также не была исследована сопряженность одних признаков с другими. Он их находит полезными, но считает, что сопряженность признаков должна быть показана.

Поскольку Гиббонс остановился на адансоновской таксономии, полезно дать к ней некоторые разъяснения. Как отметил Р. Блэкит (1968), слабость адансоновской таксономии в применяемой ныне фор-

ме, по-видимому, является следствием ошибочного вывода о том, что, поскольку все признаки потенциально равноценны как средства различения, они должны иметь равный вес. На самом же деле их роль следует определить в соответствии с биологической природой того различения, для которого они привлекаются.

Б. Эвери (Avery, 1968) посвятил свой доклад рассмотрению недостатков и преимуществ двух групп классификаций, одну из которых он определяет как иерархическую, а другую — как координатную.

Иерархические системы почвенных классификаций следуют «природным» системам. Но, замечает Эвери, почвенные вариации не подобны вариациям высших организмов. Почвенные характеристики — результат взаимодействия нескольких факторов. При построении иерархической классификации может быть допущено много произвольного. Одним из примеров такой системы является числовая таксономия, используемая для установления «натуральной» иерархии (Sokal, Sneath, 1963). Если эта цель и достигается на низких уровнях генерализации, то трудно ожидать положительного решения на высоких уровнях ее; числовой метод ценен, но он вряд ли обеспечит решение проблемы. Однако есть авторы, отстаивающие числовой метод применительно к почвам (Bidwell, Hole, 1964; Rayner, 1966; Sarkar, Bidwell, Markus, 1966).

Принцип координатных систем классификации Б. Эвери связывает с именем Кровзера (Crowther, 1953), высказавшего мысль о возможности создания модели с распределением почв в отношении осей, представляющих многие факторы — как количественные, так и качественные. Координатная система основывается на обозримых и измеримых признаках почв или их среды. Главный принцип координатного подхода заключается в том, что не один отдельный признак (или место признака) рассматривается как необходимый и наиболее важный, а любой из них в соотношении с другими признаками или целями, которые может потребовать классификация. Каждый признак, который можно наблюдать или измерить независимо, может иметь ось, а отдельные почвы показываются как точки в многомерном графике. Такая система идеально подходит для вычислительной машины, для хранения и поиска нужной информации, но она не есть классификация в обычном понимании. Как компромисс на этом пути будет представление почвенных соотношений на основе двух или трех осей с использованием отобранных групп признаков.

Координатная классификация такого рода, основанная на использовании почвенных свойств, определенных в поле, применяется в почвенной службе Бельгии (Tavenier a. Maréchal, 1958). Координатная система, использующая почвенные свойства, развивается в Англии и Уэльсе. Для подразделения берется много осей, основанных на составе почв (литология почвенного материала, характер и положение почвенных горизонтов, присутствие или отсутствие карбоната кальция и др.).

Интересно суждение Б. Эвери относительно возможности использования в координатной системе климатических признаков. При применении системы в условиях очень различных климатов полезно вводить некоторое число признаков последних; возможно, лучше это делать, подобно «7-му приближению», учитывая соответствующие данные по температурному режиму и режиму влажности почв. Но и другие метеорологические показатели (сумма температур вегетационного периода, отношение осадки—испаряемость) равнозначны для большинства целей.

Признание необходимости изучения корреляций между признаками почв и признаками их окружения, диагностической ценности метеорологических данных, содержащееся в докладах Ф. Гиббонса и Б. Эве-

ри, автор склонен считать следствием все более широкого понимания важности экологического подхода к почве.

Наконец, укажем еще на один доклад на конгрессе в Австралии, в котором развивается мысль о «конституционной классификации» (constitutional classification) и приводится пример классификации почв Новой Зеландии на основе данных об их минералогическом составе (Fildes, 1968). Выделено 10 классов почв, названных по преобладающему минералу в илистой фракции. При подразделении почв принималось во внимание также содержание углерода, песка и относительное содержание в песке кварца, полевого шпата, слюды, хлорита. Почвы, в которых доминировало органическое вещество, выделены в отдельный класс. Основанием для построения такой классификации явилось заключение автора ее о больших различиях в почвах, обнаруживающих ясную связь с минеральным составом.

Как видно, современное почвоведение не располагает общепринятой системой классификации почв и, более того, все еще широко обсуждаются конкурирующие точки зрения о принципах ее построения.

Одновременно отчетливо определилось требование строить классификации на ясных принципах, на хорошо определимых и измеримых признаках.

Следовательно, задача создания классификации почв, которая бы вытекала из природы их и отвечала бы современным принципам и методам науки, весьма актуальна. Разумеется, при сколько-нибудь основательной попытке в этом направлении обязательно должен быть учтен полезный опыт прошлого, накопленный в генетическом почвоведении. Здесь, прежде всего, должны быть приняты во внимание представления, которые можно определить как учение о генетическом типе почв.

ГЛАВА 2

УЧЕНИЕ О ГЕНЕТИЧЕСКОМ ТИПЕ ПОЧВ

При всей сложности и подчас противоречивости истории развития классификационной проблемы в почвоведении ход ее показывает одно замечательное обстоятельство: во всех предлагавшихся классификационных построениях, начиная с классификации В. В. Докучаева (1886), за основную таксономическую единицу принимался тип почвы. Причем, если содержание и объем таких понятий, как отдел, класс и т. д., варьировали весьма радикально, то понимание почвенного типа оставалось по большей части сходным.

Однако в последнее время понятие «генетический тип почвы» становится предметом активного обсуждения. Накопление новых данных по районам, ранее относительно мало изученным, в ряде случаев также выдвигает вопрос о генетическом и таксономическом положении вновь описываемых почв. Высказано и мнение, что имеет место путаница в понятии типа почв (Горшенин, 1953).

Действительно, все чаще и чаще отмечаются случаи расхождения или разногласий в отношении типовой принадлежности тех или других почв.

Приходится сделать вывод, что важное понятие генетического почвоведения «тип почвы» нуждается в углубленном обсуждении и уточнении. Одним из путей в этом направлении, полагаю, мог бы явиться возможно более полный разбор истории понятия «генетический тип почвы». Выяснение того, как понимали тип классики почвоведения и как практически применяли его, как это понятие разъясняется в основных работах последующего времени, несомненно, представляет не только исторический интерес, но окажется полезным и в решении некоторых современных вопросов теории почвоведения (Волобуев, 1953, 1955, 1955а).

В. В. Докучаев, приступая к разбору известных в его время почвенных классификаций, отметил, что важнейшая задача в этой области — выяснение *принципов* классификации и установка главнейших членов ее (1951, IV, стр. 159).

В. В. Докучаев в своей наиболее полной классификации 1896 г. в качестве основных подразделений указал класс, отдел, подотдел, тип; в примечании отмечается также возможность выделения почвенных семейств, родов и некоторых других более мелких членов.

Для выяснения содержания, которое вкладывал В. В. Докучаев в понятие типа почвы, важны следующие его положения.

Уже в период нижегородских работ Докучаеву становится очевидной необходимость особого подхода к классификации почв, обусловлен-

ного большой изменчивостью почв как в пространстве (в связи со сложным сочетанием совместно действующих почвообразователей), так и во времени. Докучаев писал: «Здесь следует только помнить: а) что мы придаем всем единицам (как первого, так второго, третьего и других порядков) больше характер типов, чем видов; б) что, следовательно, мы допускаем между ними целый ряд переходов, крайние пределы которых всегда, впрочем, легко указать; в) что наша классификация почв данной местности приурочена к строго определенному времени» (IV, стр. 259).

Замечательные мысли высказал Докучаев и о признаках почв. Сделав разбор существовавших классификаций, он заключает, что почвы должны группироваться «только по всей сумме всех наиболее существенных признаков» (там же, стр. 253). Признаки почв, по Докучаеву, распадаются на три группы: к первой принадлежат «коренящиеся в самой натуре рассматриваемого нами тела»; ко второй относятся «такие свойства почв, которые вызываются тем или иным отношением ее к окружающей среде»; третья группа — «внешние, экономические» (IV, стр. 200).

В итоговых материалах нижегородских работ Докучаевым подчеркнут географический признак типов почв. Указав «главнейшие» типы почв, он отмечает, что типы эти весьма ясно приурочены «к известным а) климатическим, б) растительным и в) грунтовым (материнские породы) полосам нашего отечества» (IV, стр. 279).

Еще более определенно о генетико-географической сопряженности Докучаевым сказано несколько позже в пояснении к пересмотренной и исправленной генетической классификации почв, главное в которой он видит в том, что «почвенные генетические типы и почвенные пояса были приурочены и сопоставлены с поясами и зонами растительными, климатическими и вообще естественно-историческими, что для верного и цельного понимания и оценки природы и ее многообразных и крайне сложных явлений чрезвычайно важно» (VI, стр. 306).

Таким образом, В. В. Докучаев придавал первостепенное значение группировке почв прежде всего не на узкие группы (виды), а на типы по совокупности существенных, хотя и варьирующих признаков; при выделении типов почв им принимались во внимание как признаки самих почвенных тел, так и условия почвообразования; типы почв им приурочивались к определенным зонально изменяющимся климатическим, растительным и грунтовым условиям.

Существенное развитие понятие типа почвы получает в трудах Н. М. Сибирцева.

Н. М. Сибирцев отмечает, что разнообразие почв определяется прежде всего материнскими породами, организмами, физико-географическими условиями «...в их изменчивости за время почвообразовательного процесса и в их современном цельном типе» (1951, стр. 306.) В качестве основания для выделения типов почв Н. М. Сибирцев указывал общность условий их генезиса, *постоянство* в известных пределах их морфологических элементов, состава и внутренних свойств. «Общность генетических условий определяет соответственную общность в явлениях формирования почв..., расхождение генетических условий влечет за собой соответственное изменение в производном» (1953, стр. 300). На путь возможно тщательного изучения внешних и внутренних генетических зависимостей и соотношений и стала в России разработка вопроса о делении почв на типы, группы и ряды — пишет далее Н. М. Сибирцев.

Согласно Н. М. Сибирцеву, географическая и топографическая пестрота почв нормируется рядом условий:

в каждой данной местности могут встречаться только некоторые почвы, а число преобладающих типов и их подразделений является вообще ограниченным;

изменения почвообразователей, управляющих топографией почв, часто оказываются связанными друг с другом (рельеф и материнская порода, рельеф и механическое перемещение почвы и т. д.);

топографические смены почв «...суть смены повторяющиеся. Для каждой данной полосы или местности они могут быть сведены к определенным схемам, к определенным почвенно-топографическим типам, обобщающим и регулирующим видимую пестроту почв» (1951, стр. 316).

В связи со всем сказанным выше, по Н. М. Сибирцеву, в естественно-историческую характеристику почвенных типов должны входить: 1) морфологические свойства, 2) химические и физические свойства, 3) условия и факторы происхождения данного почвенного типа (почвообразователи), 4) его распространение по материкам и в отдельных областях, 5) классификация почв внутри данного типа.

Новый этап в развитии понятия типа почвы отражает успехи советского почвоведения.

В. Р. Вильямс внес в это понятие диалектическое содержание: «Почвенные зоны и типы почв, которые различаются в почвоведении, лишь статические моменты единого колоссального по длительности и протяженности динамического процесса» (1951, стр. 175). Тем самым типы стали восприниматься как развивающиеся и эволюционно связанные между собой. При этом развитие почв рассматривается прежде всего как развитие их плодородия. Была также показана выдающаяся роль биологического фактора в почвообразовании и развито представление о смене растительных формаций в процессе почвообразования.

Д. Г. Виленский (1954), следуя идеям В. Р. Вильямса, тесно связывает образование почв тех или других типов с определенными растительными формациями. Согласно Д. Г. Виленскому, «тип соответствует стадии почвообразования (дерново-подзолистая почва, чернозем и др.)».

В работах Л. И. Прасолова понятие типа почвы существенно углублено и конкретизировано на основе обобщения новых обширных фактических данных. При рассмотрении классификационных вопросов в почвоведении большинство авторов (Герасимов, Завалишин, Иванова, 1939; Розанов, 1951 и др.) принимают за основу определение понятия типа, сформулированное Л. И. Прасоловым (1937) и гласящее, что это понятие следует сохранить за «главными, широко распространенными группами почв, как понятием суммарным, обобщающим признаки и свойства большого ряда конкретных почв, связанных единством происхождения процессов превращения и передвижения (миграции) веществ». Надо принять во внимание и более позднее определение Л. И. Прасолова (1940), в котором отмечено, что типы почв представляют ряды почв, «подчиненных некоторой закономерной связи с внешними факторами среды (экзогенными и эндогенными) и с законами развития самих процессов превращения и миграции веществ в почвах».

Из определения, данного Л. И. Прасоловым, вытекает прежде всего, что генетический тип — это группа почв. В некоторых случаях Л. И. Прасолов генетический тип определяет как «мировые группы почв».

Идею о закономерной связи генетических типов почв с внешними факторами среды Л. И. Прасолов конкретизирует, отмечая связь типов с определенными климатическими условиями, которые, однако, всегда сочетаются с влиянием других физико-географических условий и с взаимовлиянием факторов живой природы; в частности, тот или другой генетический тип всегда сопряжен с определенным характером растительности.

Однако условия внешней среды сами по себе не могут служить основанием для классификации. Более правильна, по мысли Л. И. Прасолова, группировка по основным процессам почвообразования. Он принимает (1936, 1939) в качестве основных рядов элювиальный и гидроморфный, с дальнейшим подразделением на стадии и группы типов почвообразования по комбинации элювиальных процессов с процессами аккумуляции биогенной или другой природы, затем, по степени развития тех или других процессов, — на аллитные и сиаллитные или насыщенные и ненасыщенные и другие группировки.

Конкретное приложение этих принципов Л. И. Прасолов (1936) показал на примере «элювиального» ряда, который «по силе элювиального процесса и по сочетаниям его с процессами биологической аккумуляции» распадается на 3 группы почв: влажных, переходных (полувлажные и полусухие) и сухих областей. «Эти три группы почв, — пишет Л. И. Прасолов, — отражают климатические зоны и фации, но не повторяют их и имеют самостоятельное обоснование в свойствах почв... В пределах названных групп выделяются генетические типы почв, установленные в литературе и определяемые сочетанием биодинамических элементов (прежде всего растительности) с материалом, т. е. материнскими породами».

Почвы гидроморфного ряда, по Л. И. Прасолову, также разделяются на некоторые основные группы и генетические типы, а именно: группа почв болотно-луговых и группа солонцово-солончаковых почв. Для понимания взглядов Л. И. Прасолова о типе почв большой интерес представляет также работа его, посвященная чернозему как типу почвообразования (1939).

Полезно отметить высказывания Л. И. Прасолова о наличии как бы «категорий» типов почв. Генетические типы «элювиального» ряда в некоторых своих работах он называет основными генетическими типами: «Подразделение этих трех названных здесь групп, т. е. элювиального ряда и других возможных, но точно не установленных, и представляют в нашем понимании основные генетические типы почв» (Прасолов, 1939). Л. И. Прасолов (1937) отмечает, что «наиболее общие группы, выделяемые по существенным признакам, составляют главные генетические типы нашей классификации», считая, что эти главные типы более или менее соответствуют так называемым «зональным» типам прежних классификаций.

Л. И. Прасолов (1940) подчеркивает повторяемость типов почв и их мелких подразделений в различных частях земной поверхности. Повторяемость, сходство генетических типов на пространстве земной суши получает географическое выражение в форме существования почвенных зон. «Это сходство, которое только предугадывалось в первых зональных схемах Докучаева и Сибирцева, теперь во многом было подтверждено и дополнено. Оно легло в основу нашей мировой почвенной карты, напечатанной в Большом советском атласе мира», — пишет Л. И. Прасолов (1940). И далее: «Мы подвинулись, таким образом, значительно вперед в определении главных, самых крупных элементов географии почв. Можно считать поэтому почвенные биоклиматические зоны вполне реальными».

Успехи почвенной картографии вполне подтвердили докучаевскую идею зональности почв и вместе с тем развили ее. Рассмотрев смену зон на разных материках, как она рисуется по сводной мировой почвенной карте, отметив, в частности, что все зоны Старого Света повторяются и на пространстве Северной и Южной Америки, Л. И. Прасолов (1937) заключает: «Наблюдаемые закономерности, по нашему мнению, являются лучшим подтверждением идеи пространственно устойчивых

форм почвообразования, выражающейся в понятии о генетических типах, как мировых группах почв».

Таким образом, можно сказать, что при определении генетического типа Л. И. Прасоловым учитываются наиболее общие различия, тесно связанные с климатом (преимущественно в связи с распределением тепла и влаги), типами растительности, стадиями развития почвообразующих пород; выделение почвенных типов производится по направлению и степени развития основных процессов почвообразования, независимо от частного географического размещения почв.

Как видим, рассмотренные положения Л. И. Прасолова представляют собой последовательную систему взглядов, касающихся понятия генетического типа почв. Эта система взглядов крупного советского ученого возникла в итоге обобщения огромного фактического материала по генезису и картографии почв и занимает важное место в теории почвоведения.

В новейших исследованиях большое внимание содержанию рассматриваемого понятия уделено в работах И. П. Герасимова.

В своих выступлениях в печати в связи с работами по составлению Государственной почвенной карты СССР И. П. Герасимов (1947, 1948) придерживается определения почвенного типа, данного Л. И. Прасоловым. При этом И. П. Герасимов подчеркивает, что основным показателем единства происхождения и процессов превращения и передвижения веществ в группе почв, объединяемых в один тип, является однотипичность в строении их генетического профиля; дополнительным указанием на единство почв в пределах типа является однотипичность условий почвообразования. При этом под структурой профиля предлагается принимать присутствие в нем таких генетических горизонтов, которые являются непосредственным выражением важнейших особенностей почвообразовательного процесса, развивающихся при определенном типически повторяющемся в природе сочетании факторов почвообразования. При выделении генетических типов надо строго руководствоваться правилом, чтобы почвы одного генетического типа относились только к одному из основных рядов увлажнения, так как процессы превращения и особенно перемещения веществ в почвах каждого из этих рядов имеют глубокие качественные различия.

И. П. Герасимов дал также определение понятия подтипа почв, которое должно развивать (детализировать) понятие типа, обособляя в его пределах группы почв, в которых на общие признаки типа вследствие специфических особенностей в истории развития почвы и ее современной динамики накладываются особые черты.

Понятие почвенного типа было предметом специального обсуждения на двух пленумах Комиссии по номенклатуре, систематике и классификации почв при Академии наук СССР в 1956 и 1957 гг. В итоге коллективной работы предложено следующее определение типа: «Тип — большая группа почв, развивающаяся в однотипно сопряженных биологических, климатических и гидрологических условиях и характеризующаяся ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами» (Розов, Караваева, Роде, 1957).

Ю. А. Ливеровский (1969), делая ряд критических замечаний по этому определению, указывает, что оно существенно и принципиально отличается от определения Прасолова: «В новом определении «типа» почв основное значение придается условиям (факторам) почвообразования и особенностям процесса почвообразования, а не признакам и свойствам самих тел, как это имело место у Прасолова», при этом практически идентичность или различия факторов почвообразования опре-

деляются весьма условными количественными и качественными показателями.

В. А. Ковда, Е. В. Лобова и Б. Г. Розанов (1967), предлагая систематику почв на новых, историко-генетических началах, выделение типа и подтипа находили нужным производить по признаку общности и совокупности диагностических горизонтов, идентичности режимов и внутренних свойств почв.

Понятие генетического типа широко используется и в практике ряда зарубежных почвоведов.

Так, оно принято в ценном труде по почвам Румынии (Chirita, Paunescu, Teaci, 1967), в котором даны также последовательная и разносторонняя характеристика типов и подтипов почв в отношении морфогенетического строения профиля, физико-химические характеристики, экология, естественное плодородие, рекомендации по использованию, распространение и др.

Пользуются понятием генетического типа почвоведы Чехословакии, также давшие систематическое описание основных генетических типов своей страны (Nemecek a. kol., 1967).

Несколько своеобразно применяет это понятие И. Сабольч (Szabolcs, 1966), который вводит еще и термин «главный тип». Нам представляется, что ряд случаев «разукрупнения» им главных типов почв оправдан, т. к. ведет к выделению в категорию типа групп почв, действительно существенно отличающихся по свойствам и заслуживающих быть в категории типа.

Очень категорично высказывался в отношении значения понятия типа почв Е. Эвальд (Ehwald, 1965), считая его вполне отвечающим реально существующим в природе группам почв и отмечая, что типы почв должны быть краеугольным камнем любой систематики и классификации. Конечно, есть еще неясности в отношении отдельных почв и категорий типа, что должно быть выяснено дальнейшими исследованиями.

Б. Бантинг (Bunting, 1967), касаясь вопросов классификации почв, связывает понимание почвы как комплекса определенных горизонтов с именем В. В. Докучаева, но приводит и трактовку почвенного типа в американских исследованиях как категории низкого порядка (подразделение серий по текстурным признакам).

Итак, понятие генетического типа почвы касается не частных форм проявления почвообразования, которых великое множество, а имеет в виду крупные группы почв, объединяемых генетическим комплексом признаков, отражающих единство как существенных свойств почвенных тел, так и условий их происхождения. Возможность объединения почв в группы порядка типов определяется фактической правомерностью объединения множественных форм проявления почвообразования по признаку однотипичности строения почв в их существенных чертах и однотипичности условий их образования. Почвенные типы, следовательно, выделяются не по признаку исключительности тех или других частных признаков, а по наличию *комплекса* существенных признаков, *общих* для всей данной группы почв. Это основной вывод из развития учения о генетическом типе почв. Заключая свою статью о мировой почвенной карте, Л. И. Прасолов (1939) пишет: «... Мысль свести все видимое разнообразие почв и почвенных процессов к немногим ориентирующим типам .. является весьма благодарной и во многом оправдавшей себя. Эта задача представляется нам гораздо более благодарной и практически более продуктивной, чем попытки слепой унификации номенклатур и агрохимической или другой эмпирической оценки почв».

Другим важным положением учения о типе почв является принцип закономерного географического распределения почв разных типов на

земной поверхности. Как Докучаев и Сибирцев, так и Прасолов на основе обобщения всего нового материала по картографии почв мира указывают на зональный характер распределения типов почв на пространстве континентов.

Зональное распределение типов почв не подразумевает распространения почвы определенного типа на всем пространстве соответствующей зоны или обязательного расположения их полосами. Конфигурация площади, занятой почвой определенного типа, может быть самой различной. Существенно то, что почва конкретного типа, присущего соответствующей зоне, может быть встречена и на другом участке этой зоны, даже на ином континенте, но она не может оказаться в составе зоны другой природы, как, скажем, чернозем нельзя ожидать во влажнотропической зоне.

Надо принять, что типы почв распределяются на земной поверхности согласно естественноисторическим зонам, в которых обнаруживается единство развития климата, растительности, коры выветривания. Смена растительности разных типов в пределах зон происходит как при наличии взаимодействия между климатом, растительностью и почвой, так и в связи с развитием почвообразующих пород и изменением условий увлажнения в процессе формирования рельефа земной поверхности. Следовательно, в пределах каждой зоны, в принципе, правомерно существование нескольких типов почв.

Надо также остановиться на понимании такого признака типа, как закономерная связь его с определенного типа сочетающимися факторами среды. Справедливость этого тезиса доказана всей практикой генетического почвоведения. Но, конечно, такого рода связи не могут служить сами по себе основанием для выделения типа почв. Приоритет в этом принадлежит признакам самих почв как тел природы, что, однако, не исключает необходимости учета при этом закономерных связей между почвой и факторами среды. И здесь важно не путать правильный исходный тезис с неправильной практикой его приложения. Не вполне эффективное использование признаков среды для выяснения генетической природы почв объяснялось вовсе не тем, что эти признаки не отражали природы почв, а применением формальных наборов данных из специальных описаний факторов среды (климат, растительность, геология и др.), тогда как последние должны были восприниматься, будучи оцененными через определенные шкалы сочетаний и градаций, качественно значимых для почвообразования. Здесь в полной мере необходимо использование результатов почвенно-экологических исследований.

При достаточной ясности основного содержания понятия типа почвы и широком его употреблении в современной практике подразделения почв приходится, однако, сказать, что это понятие нуждается в дальнейшем уточнении. Такое уточнение можно будет сделать после некоторого дополнительного исследования. Существенно важно также определить и состав основных признаков, которые должны быть приняты во внимание при выделении типов почв.

Позволительно высказать мысль, что для целей дальнейшего развития вопросов о типе почв, да и вообще для дела разработки классификации почв, первостепенно важно было бы наметить подразделения типов в системе высшего порядка. Уже сама система, определяя соподчиненное положение типов, позволила бы более строго проявить те признаки, которые послужили основанием для выделения существующих типов почв. Все же вместе взятое явилось бы основой для установления в последующем новых типов.

Из разбора предлагавшихся классификаций почв выясняется также что, наряду с таким общим для всех них элементом, как генетический

тип, имелись и некоторые другие общие элементы, выражаемые, правда, иногда в различной форме.

Таким элементом является наиболее крупное (первого порядка) классификационное подразделение — классы почв. В. В. Докучаев первоначально (1898) дал группировку почв на сухопутно-растительные, сухопутно-болотные, типично-болотные классы, а в дальнейшем (1900 г.) — нормальные, островные или интразональные, анормальные, сливающиеся с разного рода наносами; Н. М. Сибирцев (1898) различал классы зональных, интразональных, азональных неполных почв; П. С. Коссович (1911) — классы почв, генетически самостоятельных и генетически подчиненных; С. С. Неуструев (1926) разделял почвы на отделы автоморфного и гидроморфного почвообразования; Б. Б. Полынов (1933) — на ряды элювиальный и болотно-солончаковый и т. д.

Общим в ряде случаев элементом классификационных построений является тип почвообразования. Понятие типа почвообразования впервые было сформулировано Н. М. Сибирцевым в 1895 г. следующим образом: «Мы полагаем, согласно с проф. Докучаевым, что при установке главных почвенных групп должны быть уловлены существующие в природе типы почвообразования или почвопроисхождения, должны быть формулированы те сочетания естественных условий, которые ведут почвообразовательный процесс в определенном направлении, к определенному и постоянному в главных своих чертах результату» (1953, стр. 283). Как видно, типы почвообразования, по Н. М. Сибирцеву, — это определенные сочетания условий почвообразования, ведущие к формированию черноземных, подзолистых и других почв.

Иное содержание вложил в это понятие П. С. Коссович (1911). Он полагал, что каждой отдельной физико-географической области соответствует и свое особое направление почвообразования, и считал необходимым в понятии типа почвообразования отразить сущность последнего, характерные формы почвообразовательных процессов. По П. С. Коссовичу, типы почвообразования объединяют типы почв, представляющие стадии почвообразования. Им выделены пустынный, пустынно-степной, или солонцовый, степной, или черноземный, подзолистый, тундровый, латеритный типы почвообразования.

Так же широко принимаются типы почвообразования и в классификации К. Д. Глинки (1931, первое изд. в 1924 г.), в которой каждый из них объединяет большее или меньшее число типов почв. Из пояснений самого К. Д. Глинки видно разностороннее содержание, вкладываемое им в понятие типа почвообразования. К. Д. Глинка не только связывает типы почвообразования или способы образования почв с определенными физико-географическими условиями, но подчеркивает, что типам почвообразования соответствуют и определенные морфологические типы. К. Д. Глинка считал возможным различать следующие основные типы почвообразования: латеритный, подзолистый, степной, солонцовый, болотный.

Типы почвообразования приняты, хотя и на других началах, и в классификации К. К. Гедройца (1925), который различал черноземный, солонцовый, подзолистый, латеритный типы почвообразования. В классификации С. С. Неуструева (1926) типы почвообразования близки к принятым К. Д. Глинкой и К. К. Гедройцем. Понятие типа почвообразования находит полезным для классификационных целей и Д. Г. Виленский (1946), полагая, что таксономическая единица его системы почв—ряды почвообразования—соответствует типам почвообразования в понимании Глинки, Гедройца, Неуструева.

Устойчивое сохранение типов почвообразования в классификациях разных авторов свидетельствует о рациональном характере этого понятия. Очевидно, оно отражает некоторые объективные основания для существования одного из таксономических подразделений более высокого порядка, чем тип почвы.

ГЛАВА 3

ОБ ОСНОВАХ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ

Решение классификационной проблемы в этой или другой области естествознания становится возможным только на достаточно высокой стадии развития соответствующей отрасли знания. Определение принципиальных основ классификации и правильное понимание природы классифицируемых объектов подготавливаются всем предшествующим развитием данной научной области. В полной мере это положение справедливо и в отношении почвоведения.

Но в настоящее время, когда успехи в области биологических наук оказываются тесно связанными с широким использованием новейших достижений химии, физики, математики, проблемы почвоведения также не могут решаться вне учета общего прогресса и главных тенденций развития естествознания.

В этом отношении несомненный интерес имеют представления из области теоретической и математической биологии, обладающей весьма разветвленной системой идей, представлений и методов, одинаково высоко значимых для всех отраслей биологии.

Здесь остановимся только на некоторых наиболее общего характера положениях теоретической и математической биологии, как они излагаются Т. Уотерменом.

Т. Уотермен во введении в книге «Теоретическая и математическая биология» (1968) высказывает мысль, что для будущего развития биологии особенно перспективно использование количественных методов анализа в сочетании с новыми мощными синтетическими, дедуктивными методами, созданными по образцу методов физических наук.

Тот факт, что биология еще не достигла уровня количественной науки, объясняется рядом причин; некоторые из них проистекают из недостатков биологов, в частности, их научной подготовки, другие же явно зависят от природы самого предмета. Как пишет Т. Уотермен, «живые организмы — это многокомпонентные открытые системы, сочетающие в себе поразительную устойчивость с тончайшей чувствительностью к изменениям».

Первичное накопление данных и чисто описательная систематизация представляют огромные трудности и требуют больших усилий со стороны исследователя. Однако в любой развитой науке первичные факты составляют лишь начало. Они должны служить основой для создания поля взаимосвязанных утверждений, предложений и конструктов (теоретические понятия), которые могут в конце концов привести к индуктивным обобщениям, гипотезам и законам.

К индуктивным заключениям высшего порядка предъявляется ряд требований. В частности, чтобы быть полезными, они должны обеспечивать возможность дедуктивных предложений и последующей опытной проверки. Поэтому научной методологии присуще требование: идти от фактических данных к теоретическому понятию или модели и затем назад к новым данным или к новой модели. В хорошо развитой науке множество таких взаимосвязанных пересекающихся замкнутых путей образуют связанную согласованную систему.

Далее Т. Уотермен отмечает, что эти свойственные науке замкнутые пути связывают «черный ящик» с «белым ящиком» в смысле Винера. Черный ящик представляет собой изучаемый объект, белый ящик — это модель, конструкт или закон, объясняющий функционирование черного ящика. «Наука может начинать либо с эмпирического подхода, т. е. отправляться от качественных или количественных данных, связывающих вход черного ящика с его выходом, и переходить индуктивным путем к соответствующему белому ящику, либо с теоретического подхода, отправляясь от конструкта и возвращаясь дедуктивным путем в плоскость фактических данных, для того, чтобы выяснить, насколько соответствует действительности данный белый ящик». «Цель всякой точной науки — разработать мощную систему основных конструктов такой глубины и широты, чтобы частные явления можно было объяснить дедуктивным путем как логические следствия небольшого числа фундаментальных принципов».

В биологических науках гипотезы и теории делятся на две главные категории. В одной из них фактические данные объясняются на основе физических и химических законов. В другой объяснения являются биологическими, когда объект рассматривается в качестве единой высокоорганизованной системы; особая природа биологических систем связана и с их непосредственной приспособленностью к среде (см. также: «Проблема целостности в современной биологии», 1968).

«Дальнейшее развитие дедуктивных объяснений с переносом на них центра тяжести имеет решающее значение, если мы хотим вывести биологию из ее нынешнего положения преимущественно описательной, «корреляционной» дисциплины и превратить ее в строгую дедуктивную науку, способную объяснить значительную часть своего фактического материала на основе широких, изящных обобщений», — пишет далее Т. Уотермен.

Обеспечить потребности биологии на путях ее становления как точной науки должны применение физического и химического анализов, статистический анализ и использование вычислительной техники, анализ систем.

Несомненно, даже изложенные соображения, лишь в очень малой мере отражающие представления теоретической биологии, позволяют говорить о важном и общем их значении для биологии. Их полезно иметь в виду и при разработке классификации почв.

Если вернуться теперь к изложенному выше относительно современных подходов к классификации почв, возникает ряд новых критических суждений, особенно относящихся к некоторым зарубежным взглядам.

Прежде всего должно быть отмечено явно ограниченное использование дедуктивных представлений и рабочих моделей в разъяснении реального многообразия почв и вместе с этим всемерное подчеркивание приоритета «признаков». То есть в большинстве представлений действовала модель «черного ящика». По существу, на этом уровне использовался и многофакторный анализ. Это лишь более совершенная описательная систематизация фактов, в ряде случаев с полным игнорированием генетических гипотез, как «надуманных».

Поэтому еще более очевидными становятся достоинства подходов к классификации почв, основывающихся на идеях генетического почвоведения. Но, конечно, методы решения должны быть расширены с более полным использованием арсенала средств современной биологии.

Автор имеет целью в последующем изложении дать новые, более широкие обоснования и разъяснения своих предложений по классификации почв, развиваемых уже ряд лет (Волобуев, 1955, 1955а, 1956, 1957, 1960, 1962а, 1964). Разумеется, они не являются чем-то изолированным от других попыток или ранее сделанных предложений. Важно было учесть все прогрессивные предложения и идеи, проверенные развитием почвоведения. Но вместе с этим автор полагает, что у него были и свои подходы.

Автор в своих классификационных построениях исходил из понимания почвы как самостоятельного тела природы, представляющего собой органо-минеральную систему, из идей о почвенных формациях и парагенезисе почв и, наконец, из энергетического аспекта в развитии почв.

Решая вопросы классификации, следует принять во внимание те достижения науки о почве, которые более всего способствовали конкретному пониманию особенностей почвы как природного тела, разъяснению характера разных типов почв, главных различий между ними.

Разрабатывая классификацию почв, прежде всего надо принять во внимание исходную идею генетического почвоведения: почва представляет собой продукт преобразования горной породы совместным воздействием биологических и атмосферных агентов (В. В. Докучаев). Вместе с тем понятно также и значение идеи о биологическом и геологическом круговороте веществ (В. Р. Вильямс). Далее следует принять концепцию о генетическом типе почв и о типах почвообразования (В. В. Докучаев, Н. М. Сибирцев, Л. И. Прасолов). В развитии почвоведения выдающееся место заняло учение о поглотительной способности почв и о роли состава поглощенных оснований (К. К. Гедройц). Понимание природы почвенных типов было существенно углублено на основе новых данных о составе органического вещества почвы (И. В. Тюрин). Большое положительное значение имело и введение понятия о стадиях развития коры выветривания (Б. Б. Полынов), как и характеристика минералогического состава почв. Наконец, в соответствии с общей идеей о теснейшей взаимосвязи между почвами и факторами почвообразования, определением генетического типа, при классификации почв следует принять во внимание и закономерные связи между почвой и средой. Путем почвенно-экологических исследований выяснен ряд закономерностей образования генетических групп почв, связанных общими условиями происхождения (парагенезис почв). При классификации почв на генетической основе должны быть приняты во внимание процессы и явления формирования почвенного профиля. Рациональная классификация должна также указывать характерные признаки для подразделения почв.

Для классификации почв важно понимание их как органо-минеральных систем. Разработка этой концепции позволяет представить развитие и дифференциацию почв исходя из самых первичных и, следовательно, самых общих элементов почвообразования.

Понимание почвы как органо-минеральной системы, возникшей в процессе преобразования горной породы биологическими и атмосферными агентами, предопределяет необходимость учитывать как явления, присущие собственно минеральной и органической частям почвы, так и особые явления, присущие органо-минеральной системе в целом. Так, несмотря на первостепенное значение в жизни почвы ее органического вещества, знание состава гумуса, каким бы глубоким оно ни было, не может объяснить всех особенностей почв разных типов. Вместе с тем

давно уже стало понятно, что характер минеральной части почв также не является исчерпывающей характеристикой их. Разъяснение процесса почвообразования становится плодотворным лишь при учете тех взаимодействий, которые возникают между органической и минеральной частями почвы, при знании состава и свойств образующихся при этом сложных органо-минеральных веществ.

В общем виде в почве мы должны иметь в виду не только непосредственное взаимодействие между органическими и минеральными компонентами ее, но и явления миграции продуктов этого взаимодействия. Мы можем различать более устойчивую часть этих комплексов и более подвижную. Последняя, мигрируя по почвенному профилю, будет оказывать некоторое воздействие на органо-минеральные комплексы других участков профиля, преобразуя их и видоизменяясь при этом. В связи с этим почвенный профиль можно рассматривать как следствие перераспределения в почвенной толще продуктов определенных органо-минеральных реакций.

Основания для дальнейшего подразделения почв мы получим, если обратимся к закономерностям круговорота веществ. Согласно учению о большом (геологический) и малом (биологический) круговороте веществ, процесс почвообразования можно представить как развитие биологического круговорота на части траектории геологического круговорота. На пути сложной миграции элементов пищи растений в большом круговороте веществ происходит задержка этих веществ в биологическом круговороте вследствие их закрепления в органическом веществе. Следовательно, соотношение между геологическим и биологическим круговоротом веществ определяет коренные различия в условиях существования биологического фактора на земной поверхности.

При последовательном рассмотрении возможной роли круговорота веществ в формировании почв разных типов на первый план выступают особенности уже собственно биологического круговорота, под влиянием которого возникают определенные органические вещества и происходит специфическое перераспределение веществ по почвенному профилю. Здесь существенным образом проявляются особенности растительных формаций.

В качестве обобщающей категории почвенного парагенезиса мною предложено понятие о *почвенных общностях*. Почвенные общности следует рассматривать как группы типов почв, развивающихся в однотипных биоклиматических условиях, или как парагенетические семейства почв. Почвы, возникающие в качественно однотипных биоклиматических условиях, образующие парагенетические семейства, закономерно повторяются (более или менее полно) в соответствующих частях земной суши.

Последовательность почвенных общностей в целом отражает различия в потенциальных энергетических ресурсах почвообразования. Последние определяются, во-первых, радиационным балансом земной поверхности R и, во-вторых, полнотой возможного использования их в зависимости от наличных водных ресурсов a.

Таковы, в сжатом виде, посылки, на основе которых, как полагает автор, должна быть построена классификация почв.

Далее подробно разъясняются вводимые понятия и устанавливаются качественно значимые ступени соответствующих координат. Рассматривается, например, понятие типа органо-минеральных реакций, исследуются важные для классификации признаки состава гумуса, фазы минеральных преобразований (реакций), обосновывается понятие почвенных формаций и приводятся почвенные общности и энергетические координаты, предлагается система типов органо-минеральных реакций и, наконец, конструируется классификационная система.

ГЛАВА 4

ПОНЯТИЕ ТИПА ПОЧВЕННЫХ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

Чтобы разъяснить смысл представления о типах почвенных органо-минеральных реакций, следует несколько остановиться на прежних подходах к пониманию природы почв.

В генетическом понимании почва представляет собой природное тело, каждый тип которого характеризуется определенной последовательностью генетических горизонтов: А — гумусового элювиально-аккумулятивного, В — переходного к породе иллювиального, С — горной породы, затронутой почвообразованием.

Понятно, что именно эта профильная дифференциация почвы прежде всего стала предметом наибольшего внимания почвоведов и подавляющая часть исследований посвящена выяснению различий в вещественном составе по горизонтам почвенного профиля. Детальную разработку получила морфология почв. Постоянно расширялась химическая характеристика их (содержание гумуса, валовой состав, солянокислые вытяжки и др.). Широко разрабатывались вопросы структуры почв, их физических свойств. Однако накопленный огромный фактический материал показывал главным образом основные различия в вещественном составе почв и относительно мало давал для раскрытия почвы как развивающегося тела природы.

Затем наступил период, когда в понимании природы почв на первое место выдвинулась роль биологического фактора в их образовании, в частности гумусовых веществ разного состава. Это был весьма прогрессивный шаг в теории почвообразования, но логические построения очень слабо подкреплялись фактическими и экспериментальными данными, относившимися непосредственно к почве.

Тем не менее именно это направление вызвало особый интерес к изучению динамики почвенных процессов, постановке лизиметрических исследований, изучению обмена веществ между почвой и растением. Однако чрезвычайная сложность почвообразования позволила более или менее полно осветить в динамике только частные элементы процессов (динамика влажности, CO_2 почвенного воздуха, солевой, тепловой режимы и др.), и то только в отношении немногих типов почв.

Одновременно с биологическим подходом в почвоведение начали интенсивно проникать идеи физической химии. При этом первостепенное значение придавалось дисперсной природе почвы — почва воспринималась прежде всего как дисперсная система. Это был очень важный этап в развитии почвоведения. Именно на этом пути было разработано учение о поглощающем комплексе почв, которое стало важнейшим тео-

ретическим разделом почвоведения, на его основе существенно углублено понимание генезиса почв.

При всем этом понимание почвы прежде всего как дисперсной коллоидной системы не могло стать общей основой в теории почвообразования. Справедливость этого заключения можно видеть хотя бы в том, что занимающая центральное место в учении о поглощающем комплексе модель двойного электрического слоя вокруг коллоидной частицы никак не может быть действительной элементарной моделью почвы. По существу, модель коллоидной частицы с двойным электрическим слоем отодвигает далеко на задний план фактически существующее многообразие вещественного состава почв. Многозначительно в связи с этим и то обстоятельство, что огромный труд по накоплению аналитического материала о химическом составе илистой фракции фактически был довольно слабо использован для решения генетических вопросов.

Надо особо напомнить в связи с этим, что работы С. Маттсона (1938) очень убедительно показали существенное значение химического состава почвенных коллоидов в явлениях поглощения в почвах. Между тем, несмотря на проявленный к ним интерес, использованы они практически очень мало.

В более близкое к нам время в характеристике почв и в суждениях об их генезисе получили большое применение, с одной стороны, углубленный анализ состава гумуса с подразделением его на определенные группы и фракции и, с другой, — определение минералогического состава илистой фракции почв с использованием ряда новейших методов (дифференциальный термоанализ, рентгенанализ, инфракрасная спектроскопия и др.). При всей очевидной ценности результатов этих исследований для раскрытия генетических особенностей почв приходится отметить, что столь важные характеристики двух составляющих почвы, как ее органическая и минеральная части, были совершенно обособленными, для действительно совместного использования их не было создано должной основы.

В последние годы все шире изучаются органо-минеральные системы почвы. Однако эти необходимые исследования в достаточной мере не поддерживаются. Сделанный выше краткий обзор имевшихся подходов в понимании генезиса почв, полагаю, вполне логично подводит к заключению, что исследования органо-минеральных систем почвы таят в себе большие возможности и знаменуют начало принципиально нового подхода к трактовке генезиса почв. В моем представлении, понимание почвы как органо-минеральной системы может стать организующим началом в современном почвоведении. В частности, органо-минеральная концепция позволит решить и проблему классификации почв.

Уже докучаевское понимание почвы как продукта преобразования горной породы совместным воздействием биологических и атмосферных агентов предопределяет генетическую соединенность в почве неорганического и органического. И прав В. И. Вернадский (1938, 1960), назвавший почву биокосным телом. Именно раскрытие природы органо-минеральных единств, их вещественного состава, характера связей и поведения в процессах образования почв и должно стать важнейшей задачей генетического почвоведения.

Понимание почвы как органо-минеральной системы предопределяет необходимость учитывать как явления, присущие собственно минеральной и органической частям почвы, так и особые явления, присущие органо-минеральной системе в целом. Так, несмотря на первостепенное значение в жизни почвы ее органического вещества, знание состава гумуса, каким бы глубоким оно ни было, не может объяснить особенностей почв разных типов. Вместе с тем давно уже понятно, что характер

минеральной части почв также не дает исчерпывающей характеристики их. Разъяснение процесса почвообразования становится плодотворным лишь при учете тех взаимодействий, которые возникают между органической и минеральной частями почвы, при знании состава и свойств образующихся при этом сложных органо-минеральных веществ.

В общем мы должны иметь в виду не только непосредственное взаимодействие между органическими и минеральными комплексами почвы, но и явления миграции продуктов этого взаимодействия. Мы можем различать более устойчивую часть этих комплексов и более подвижную. Последняя, мигрируя по почвенному профилю, будет оказывать воздействие на органо-минеральные комплексы других участков профиля, преобразуя их и в то же время видоизменяясь. В связи с этим почвенный профиль можно рассматривать как следствие перераспределения в почвенной толще продуктов определенных органо-минеральных реакций.

Рассмотрение почвы как органо-минеральной системы позволяет развивать учение о почве исходя из самого простого и в то же время очень богатого по содержанию исходного положения. Разработка вопросов природы этих сложных систем в почве ведет, по существу, к изучению почвообразования в его элементарных актах на молекулярном уровне, в его первичных реакциях.

При таком подходе к трактовке почвообразования открываются широкие возможности и для экспериментального изучения почвообразования. Начало этому в интересующем нас смысле было положено классическими опытами К. К. Гедройца с заменой оснований в поглощающем комплексе. Ряд интересных новых данных приведен в книге «Experimental pedology» (1965).

Главные различия в преобразовании почвы как органо-минеральной системы связаны с характером ее органической части, стадией развития минеральной части, режимом миграции веществ в профиле.

Нам представляется справедливой мысль, что в разнообразии форм состояния и поведения органо-минеральной части почв в процессах их образования, по существу, проявляется некоторое число характерных реакций взаимодействия дисперсной части почв с почвенным раствором и газовой фазой. В этом смысле можно говорить о типах почвенных органо-минеральных реакций.

Но прежде чем рассмотреть характер взаимодействия между органическими и минеральными компонентами, следует выяснить различия в самом органическом веществе почв.

Главные различия в составе гумуса были указаны И. В. Тюриным (1937), который сопоставил их с 4 типами накопления органического вещества в почвах: с преобладанием анаэробных процессов — 1) торфяноболотный; с преобладанием аэробных процессов — 2) гумидный кислый, соответствующий подзолистому типу почвообразования; 3) семигумидный нейтральный, или черноземный; 4) аридный щелочной, или сероземный.

Связям между органическими и минеральными элементами почвы посвящена обширная литература. Обобщение ее выходит за рамки настоящего очерка. Положение в этом отношении намного облегчает имеющаяся в литературе сводная работа Л. Н. Александровой (1967), посвященная именно органо-минеральным производным гумусовых веществ. В этой статье имеется краткий обзор исследований органо-минеральных производных и, главное, дана наиболее современная группировка их.

Начало углубленного рассмотрения органо-минеральных производных связано с именами У. Шпрингера, И. В. Тюрина, А. Ф. Тюлина

Затем уже появилось много новых работ, значительно расширивших представления об органо-минеральных производных гумусовых кислот (Александрова, 1962; Кононова, 1963; Пономарева, 1964 и др.).

Л. Н. Александрова указывает, что возможны 3 формы связи между гумусовыми кислотами и компонентами минеральной части почв: ионная (гетерополярная), координационная (семиполярная) и межмолекулярная (поляризационная и водородная), за счет которых и возможно образование 3 типов органо-минеральных производных гумусовых кислот — гетерополярных солей, комплексных солей и адсорбционных комплексов.

1. Гетерополярные соли гумусовых кислот образуются при взаимодействии с катионами сильных оснований (кальций, магний, натрий, калий). При этом в условиях нейтральной реакции среды в солеобразовании участвуют в основном карбоксильные группы, при щелочной реакции вовлекаются и фенольные гидроксилы.

Л. Н. Александрова находит, что обменный характер образования гуматов и фульватов с катионами щелочных и щелочноземельных оснований исключает возможность образования мостиков из этих катионов между гумусовыми кислотами и глинистыми минералами; могут образовываться лишь пленки на поверхности кристаллической решетки глинистых минералов.

2. Комплексные соли образуются при совместном проявлении ионной и координационной связей между комплексообразователем и молекулой органического вещества. Среди этого рода органо-минеральных соединений особое значение придается хелатам. Для последних характерно наличие между ионом металла и органической молекулой более чем одной связи. При этом часть функциональных групп, участвующих в этих связях, может оставаться незамещенной и обусловливать некоторую остаточную емкость поглощения катионов.

Фульвокислоты на единицу веса связывают алюминия и железа больше, чем гуминовые кислоты, поскольку содержат больше функциональных групп.

Л. Н. Александрова отмечает, что миграционная способность этих комплексных солей в профиле почвы определяется природой гумусовых кислот и содержанием Fe и Al в них, а также составом поглощенных катионов, насыщающих свободные функциональные группы, степенью дегидратации комплексных солей и pH среды. Максимальной миграционной способностью обладают алюмо- и железофульвокислотные производные, значительно менее подвижны производные гумусовых кислот. Подвижность их определяется также составом поглощенных катионов.

3. В отношении адсорбционных комплексов Л. Н. Александрова пишет об их недостаточной изученности. Основным механизмом принимается адсорбция гумусовых веществ на гелях полуторaокисей, обусловливающая образование органо-минеральных комплексов очень переменного состава, не обладающих остаточной емкостью обменного поглощения катионов. Существуют и химические формы связи с образованием в поверхностной части пленки комплексных соединений, свойства которых аналогичны отмеченным выше. Многие исследователи рассматривают формирование комплексов из минеральных коллоидов и гумусовых веществ как процесс склеивания через мостики из поливалентных ионов, и в первую очередь через железо.

Таковы, по Л. Н. Александровой, основные подразделения органо-минеральных производных гумусовых кислот. Даже при столь кратком описании хорошо видно, что они действительно существенно различаются по своему составу, свойствам и, следовательно, значимости в почвообразовании.

Из обзора усматривается также, что наименее ясен характер адсорбционных комплексов. Между тем в них в наиболее непосредственном виде выступает взаимодействие органических веществ с минеральной частью почв, с их дисперсной фазой. Понятно, что в свойствах этой группы органо-минеральных ассоциаций в наибольшей мере должна отражаться зависимость их от состава собственно минеральных компонентов почвы. Достаточно напомнить здесь о коренных различиях в связи с изменением в составе минеральных веществ почвы отношения SiO_2/R_2O_3. Характерные особенности поведения гумусовых веществ, ассоциированных с различными количествами SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, весьма ярко были показаны С. Маттсоном (1938).

Следует, наконец, указать и на такую форму связи органических и минеральных компонентов почвы, как вхождение гумусовых молекул в межпакетные пространства минералов слоистой структуры.

Среди органо-минеральных веществ адсорбционной природы должна быть вся гамма переходов от случаев полной блокировки поверхности минеральных частиц гумусовыми веществами до вполне открытой минеральной поверхности. Для образований первого рода весьма значима природа пленок-гелей в смысле А. Ф. Тюлина (1958), во втором же на первый план выступают уже непосредственно свойства самих минералов.

Таким образом, в качестве компонентов органо-минеральных систем почвы мы должны иметь в виду следующие их группы:

торфянистые массы и другие полуразложившиеся растительные остатки;

гумусовые кислоты, гумины и другие химические группы гумуса;

гетерогенные соли гумусовых кислот;

комплексные соли гумусовых кислот;

адсорбционные комплексы гумусовых веществ с минеральной частью почв;

минеральная дисперсная часть почвы.

Как видно, собственно органические вещества и минеральная часть почвы вместе со связывающими их органо-минеральными производными образуют вполне последовательный ряд, каждый член которого, хотя и является в известном смысле переходным, обладает и ярко индивидуальными признаками. Разумеется, сочетание компонентов этого ряда в количественно разных отношениях будет предопределять возникновение совершенно своеобразных органо-минеральных систем.

Возникает задача наиболее рационально, генетически оправданно определить основы для подразделения органо-минеральных систем разного состава.

Учитывая определяющее значение в образовании почв органических веществ, будет наиболее обоснованным взять, следуя в этом И. В. Тюрину (1937), в качестве главного подразделения формы гумуса, возникающие в условиях разного окислительно-восстановительного режима: 1) при преобладании аэробных процессов и 2) при преобладании анаэробных процессов.

Несмотря, однако, на коренные различия в составе гумусовых веществ, образующихся в условиях столь контрастных химических режимов, различия в гумусовых веществах почв при этом в достаточной мере еще не выявлены. Преобладающее большинство работ посвящено изучению гумуса почв аэробного режима. Лишь в последнее время все больше появляется работ о гумусе почв анаэробного режима.

Помимо хорошо известного замедления минерализации растительных остатков в почвах избыточного увлажнения, установлена также гораздо большая доля фульвокислот по сравнению с содержанием гуминовых кислот. В них, несомненно, должны быть и специфические

вещества, обладающие восстановительными свойствами, в числе их могут быть, например, кетоны.

Тем не менее, если химические показатели для подразделения гумуса почв на указанные два основных ряда еще недостаточны для использования в качестве практических критериев, мы располагаем вполне надежной возможностью осуществлять это расчленение, опираясь на данные оценки окислительно-восстановительных условий. Превосходным подтверждением этого может служить приведенный Баас-Беккингом, Капланом, Муром (1963) график сопряженного изменения Eh и pH почв разного увлажнения (рис. 1).

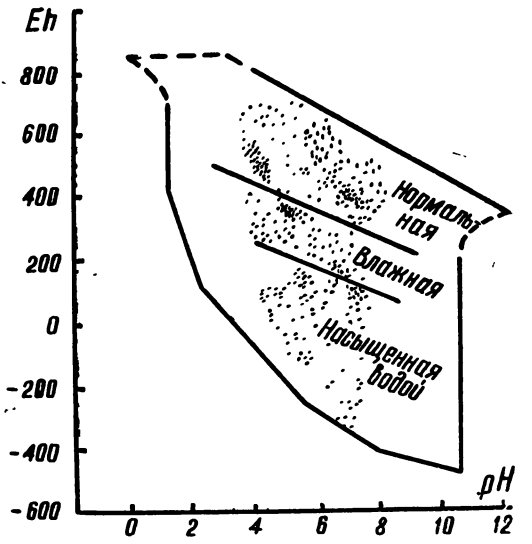


Рис. 1. Eh—pH параметры почв (Баас-Беккинг, Каплан, Мур, 1963)

Следовательно, у нас есть достаточно оснований принять для подразделения почв на самом высоком уровне различия, сопряженные с относительным преобладанием форм гумуса, возникающих в аэробных или анаэробных режимах (подразделение 1-го порядка):

Дальнейшее подразделение почв по характеру органо-минеральных систем естественнее всего произвести, приняв во внимание такие характерные различия в составе гумуса, как относительное содержание в нем характерных групп веществ сложной химической природы, предположительно рассматриваемых как гуминовые кислоты и фульвокислоты, а также гумины. Коренные различия между почвами с гумусом преимущественно гуматного или преимущественно фульватного состава очень хорошо известны И поэтому оправдано использование этих критериев для подразделения почв на уровне высоких категорий (подразделение 2-го порядка).

Совершенно логично допустить, что последующие различия в поведении органо-минеральных систем в почвах гуматного или фульватного состава будут обусловлены характером солей гумусовых кислот. Это — или различия в составе катионов гетерополярных солей, или особенности состава комплексных солей (подразделение 3-го порядка).

Не вдаваясь в детальный разбор возможных типов различий в гумусово-солевом составе, заметим, что практическим критерием для подразделения почв на рассматриваемом уровне могут служить данные по фракционному составу гумуса (по методу И. В. Тюрина). Полезную характеристику можно получить из данных состава поглощенных оснований, величины pH.

Наконец, становится понятным, что для подразделения органо-минеральных систем почв на последующем уровне должны быть приняты еще пока не использованные нами различия в составе адсорбционных комплексов гумусовых веществ с минеральной частью почв (подразделение 4-го порядка).

Как уже отмечалось (Александрова, 1967), адсорбционные органо-минеральные комплексы почв изучены очень слабо. Поэтому пока затруднительно указать сколько-нибудь строгие химические или физи-

ко-химические критерии для прямого подразделения почв по различиям их адсорбционных комплексов. Однако задача существенно облегчается тем, что в природе этих комплексов в значительной мере должны сказываться различия в химическом (минералогическом) составе дисперсной части почв. Качественно различные формы минеральной части почв, несомненно, должны обусловливать и возникновение качественно своеобразных адсорбционных комплексов гумусовых веществ с минеральной частью почв. Конечно, в данном случае мы имеем в виду, что различий в адсорбционных комплексах почв соответствующих рядов по гуматно-фульватному и гумусово-солевому составу, т. е. качественно своеобразных адсорбционных комплексов, будет гораздо больше, чем можем установить качественных форм минеральной части почв.

Таким образом, принимая во внимание все большее число различий в составе органо-минеральных систем, мы получаем все более расчлененное подразделение почвенных органо-минеральных систем и в итоге можем прийти к органо-минеральным системам с наиболее индивидуализированными свойствами и особенностями поведения. Это последовательное подразделение почвенных органо-минеральных систем представлено в схеме (табл. 1).

Таблица 1

Схема подразделения почв по характеру органо-минеральной части

Структурный и групповой состав гумуса		Гетерополярные и комплексные соли гумусовых кислот	Адсорбционные комплексы гумусовых веществ с минеральной частью почв
Различия в составе гумуса в связи с окислительно-восстановительными условиями	Соотношение гуминовых кислот, фульвокислот и гуминов		

Поскольку в предлагаемом подразделении принимались различия в составе главных компонентов органо-минеральных систем почв, то и реакции, которые будут связаны с участием характерных сочетаний органо-минеральных веществ, выявляемых подразделением 4-го порядка, также должны обнаружить глубокие, качественно своеобразные черты, давая тем самым основание рассматривать их как определенные *типы органо-минеральных реакций.*

Дальнейшей задачей можно мыслить выяснение сочетаний органических и минеральных компонентов, создающих качественно существенное единство, возникающее в двухкоординатной системе, своего рода матрице:

минеральные составляющие →

органические составляющие ↓

$$\begin{matrix} a_{11}, a_{12} \cdots a_{1m} \\ a_{21}, a_{22} \cdots a_{2m} \\ \cdot \quad \cdot \\ \cdot \quad \cdot \\ \cdot \quad \cdot \\ a_{n1}, a_{n2} \cdots a_{nm} \end{matrix}$$

Наконец, уместно остановиться на некоторых общебиологических и философских аспектах постановки задачи поиска системы типов почвенных органо-минеральных реакций.

В отличие от прежних подходов в применении физики и химии в биологии, когда они выступали как необходимое подспорье в определении характеристик организма, в настоящее время обнаруживаются и

изучаются элементарные акты жизни, имеющее общее значение для разъяснения всего многообразия жизненных проявлений.

В отношении собственно живых объектов существуют понятия об информации и управляющих системах разных уровней. Наиболее богатая информация содержится в генотипе. Нервная система накапливает информацию, обеспечивающую необходимую реакцию организма как целого в его взаимодействиях со средой, т. е. обеспечивает механизм обратных связей.

Почва, как известно, рассматривается в качестве биокосного тела, т. е. обладающего качествами и живого и неживого минерального. Учитывая биологическую составляющую почвы, мы можем с известной долей условности рассмотреть почву с позиций кибернетики живого.

Почва является системой с очень высокой степенью саморегуляции. Любая же сложная динамическая система является изменяющейся во времени и состоящей из многих систем. Существо таких систем заключается в большой степени внутренней слитности всех их элементов. Таким образом, сложность этого рода систем определяется не столько числом элементов, из которых они состоят, сколько богатством связи между элементами и между системой в целом и средой (Новик, 1964).

В почве протекают разнообразные динамические процессы. Различают суточную, сезонную, многолетнюю цикличность; возможны флюктуации в течение суток; есть изменения, отражающие уже эволюционные преобразования коренного порядка. Однако все эти изменения в почве далеко не однотипны по своей природе. Различия между ними, даже если они связаны с какими-то сходными реакциями, не только количественные, т. е. разные по масштабам проявления одних и тех же процессов. Для каждого из динамических циклов есть свои характерные явления и процессы. Одни из них быстропротекающие, связанные с мутабильными компонентами почвенной массы, например, увлажнение — высушивание, воздухообмен в связи с температурными изменениями или изменением атмосферного давления. Этого же порядка изменения и в окислительно-восстановительном режиме. Другие изменения, например, в балансе растительных веществ и гумуса, являются результирующими преимущественно длительных сезонных процессов.

Но при всем этом в почве существуют компоненты, устойчиво сохраняющие свои некоторые специфические качества и проявляющиеся во всех динамических циклах. Собственно, они именно и определяют однотипность циклических процессов всех порядков.

Приняв, что основной источник для образования гумуса почвы — полуразложившиеся остатки растений, животных и микроорганизмов — вещества очень неустойчивые в термодинамических и других условиях почвы, а сам гумус и минералы почвообразующих пород, наоборот, относительно устойчивы, закономерен уже давно сделанный вывод: гумус почвы и вторичные, новообразованные, т. е. собственно почвенные, минералы и есть те наиболее устойчивые компоненты почвы, с которыми в значительной мере связана однотипность развития более быстротекущих процессов. Но если исходить из представления о почве как своеобразном биокосном теле природы, то еще более справедливым будет заключение, что наиболее важной и специфической частью систем почвы, ответственной за устойчивость регулирования всех порядков ее циклических реакций, есть собственно органо-минеральные системы, в которых органическая и минеральная части ассоциированы вполне определенным образом.

От природы этих специфических органо-минеральных систем и зависят свойства почв, определяемые нами как признаки генетического типа.

Будут ли чередоваться резко различные погодные режимы, колебаться гидротермические режимы и связанные с ними размеры биологической продуктивности за отдельные годы—результирующая всех этих и многих других воздействий процесса будет сказываться в возникновении некоторых наиболее устойчивых систем почвы, в свою очередь обладающих большой регулирующей способностью в реакциях почвообразования.

Отмечено (Ляпунов, 1964), что характерная для живого вещества чрезвычайно высокая устойчивость связана с многоуровенным строением систем управления и с тем, что управляющие системы живого используют для выработки сохраняющихся реакций информацию, координируемую на мономолекулярном уровне. Из высказанного положения, рассматриваемого с позиций кибернетики живого, вытекают весьма важные выводы.

Прежде всего, органо-минеральные комплексы почвы должны рассматриваться как наиболее богатые информацией. Другими словами, они, очевидно, обладают наиболее высокой диагностической значимостью.

Далее, первейшее значение приобретает изучение процессов формирования органо-минеральных систем.

Наконец, должны быть предприняты достаточно широкие исследования по изучению механизмов участия органо-минеральных систем в элементарных реакциях и процессах в почве.

Конечно, выяснение системы типов почвенных органо-минеральных реакций — задача достаточно абстрактная в отношении столь сложного тела, как почва. Но, как пишет Б. М. Кедров (1965), абстракция, идеализация, моделирование — ступени мысленного, а затем и физического воспроизведения абстрактного, свободного от второстепенных влияний и случайных явлений; и далее — под обобщением в логике понимается любой процесс образования общего понятия или раскрытия общего, существующего в отдельном, и всеобщего, существующего в особенном и единичном.

Следовательно, и наше стремление определить систему типов почвенных органо-минеральных реакций — ступень в познании более сложного — почв в многообразии их форм и режимов.

ГЛАВА 5

О СОСТАВЕ ГУМУСА ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ

Согласно положениям В. В. Докучаева, получившим дальнейшее развитие в работах К. Д. Глинки, И. В. Тюрина, М. М. Кононовой, Л. Н. Александровой, В. В. Пономаревой, различные по условиям образования и по генезису почвы должны отличаться друг от друга не только по количественному содержанию гумуса, но и по качественному составу его. Поэтому характеристика почв в отношении качественного состава и состояния гумуса должна способствовать развитию классификации и систематики почв на более глубокой основе, тесно связанной с особенностями формирования различных почв.

К настоящему времени при помощи методики, предложенной И. В. Тюриным (1951), главные типы почв охарактеризованы в отношении качественного состава их органической части. В основу методики Тюрина положено представление о почвенном гумусе как о комплексе специфических групп гумусовых веществ, а именно: группы гуминовых кислот, группы фульвокислот, группы почвенных гуминов (негидролизуемый остаток) и небольшего количества воскосмол (или битумов) и других сопутствующих веществ, близких по своей природе к веществам растительного и микробного происхождения.

На основе данных, полученных при помощи своей методики, И. В. Тюрин (1951а) выяснил особенности химического состава гумуса основных типов почв.

Различия в составе гумуса исследованных почв определяются главным образом относительным содержанием гуминовых кислот и фульвокислот, составляющих в сумме около 60—70% гумуса. Наиболее велико относительное содержание гуминовых кислот в черноземах, а фульвокислот в подзолистых почвах. В отношении географических закономерностей изменения качественного состава гумуса отмечено, что относительное и абсолютное содержание группы гуминовых кислот в ряду от подзолистых почв северной зоны через черноземы до пустынных сероземов изменяется в общем соответственно запасам гумуса в почве. Следовательно, условия, необходимые для образования гуминовых кислот, являются одновременно благоприятными и для общего накопления гумуса. Наряду с выяснением группового состава гумуса, методика И. В. Тюрина позволяет подразделить гумус почвы на фракции по характеру связи гумусовых кислот с минеральной частью почв.

В течение последних лет опубликовано большое число анализов качественного состава гумуса, что дало возможность провести новое сравнительное исследование характерных особенностей его в разных ти-

пах почв. Было использовано около 660 данных анализов (по 160 разрезам) качественного состава гумуса черноземов, каштановых почв, сероземов, подзолистых, тундровых, бурых лесных и др. почв.

Имевшиеся материалы по групповому составу гумуса были детально рассмотрены при помощи графического метода координатного треугольника (Волобуев, 1962).

Возможность применения графического анализа основывается на том, что гуминовые кислоты и фульвокислоты представляют собой преобладающие и характерные составные части гумуса — остальная часть гумуса представлена главным образом негидролизуемыми веществами. Таким образом, для выявления наиболее существенных особенностей группового состава гумуса почв различных типов достаточно принять во внимание лишь 3 показателя: содержание гуминовых кислот, фульвокислот и величину, приходящуюся на долю всех остальных компонентов гумуса. Если эти показатели взять в относительных величинах — в процентах к гумусу по углероду, то их легко представить в треугольной системе координат. Для этой цели более удобна форма прямоугольного треугольника. Если мы в прямоугольном треугольнике на горизонтальный катет нанесем шкалу содержания гуминовых кислот (от 0 до 100%), а на вертикальный — фульвокислот (от 0 до 100%), то все экспериментальные данные расположатся внутри прямоугольного треугольника, построенного на этих катетах. Поскольку в природных почвах лишь в исключительных случаях содержание гуминовых кислот и фульвокислот превышает 50%, вершины треугольника с острыми углами могут быть отсечены. Тогда треугольная система примет практически удобную форму компактного пятиугольника.

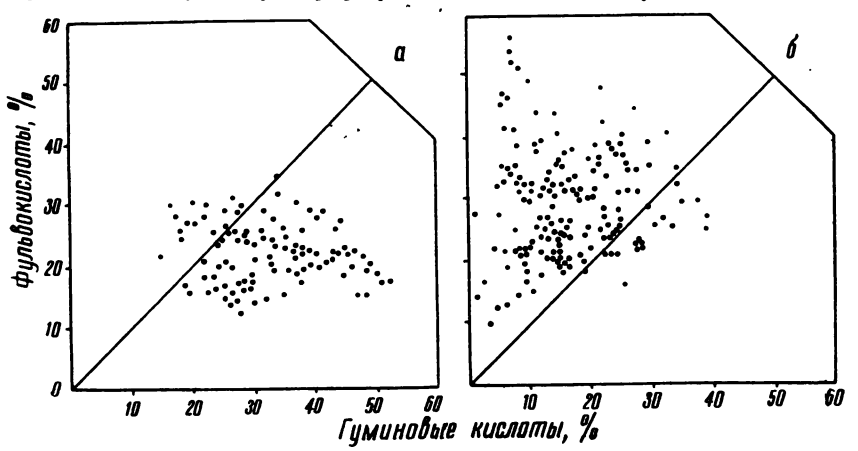


Рис. 2. Групповой состав гумуса образцов почв (Волобуев, 1962)
а — дерновые, *б* — лесные почвы

Для первого исследования на графике были нанесены отметки качественного состава гумуса раздельно для ряда почв дернового и лесного почвообразования (рис. 2). При этом очень хорошо выявились характерные отличия гумуса этих двух основных групп почв: значительно большее содержание гуминовых кислот в дерновых и фульвокислот — в лесных.

Определение группового и фракционного состава гумуса прочно вошло в практику исследования почв: эти вопросы рассматриваются в каждой крупной почвенной монографии последних лет. Очевидный интерес к фракционно-групповому составу гумуса проявляют и зарубежные исследователи (Койнов, 1964; Немечек, Поспишил, 1966; Трашлиев, Крысанов, Хаджиянакиев, 1964; Pospisil, 1964).

Во многих работах (Тюрин, 1951а; Кононова, 1951; Пономарева, 1964; Бельчикова, 1957 и др.) на основе исследования группового и фракционного состава гумуса большого ряда почв сделаны важные заключения о их генезисе. Углублено понимание природы тех или иных типов почв, характера гумусовых веществ, роли отдельных групп и фракций гумуса в процессе формирования почв. Данные группового и фракционного состава служили, в частности, и целям уточнения почвенной диагностики. Особенно часто при этом использовали отношение гуминовых кислот к фульвокислотам.

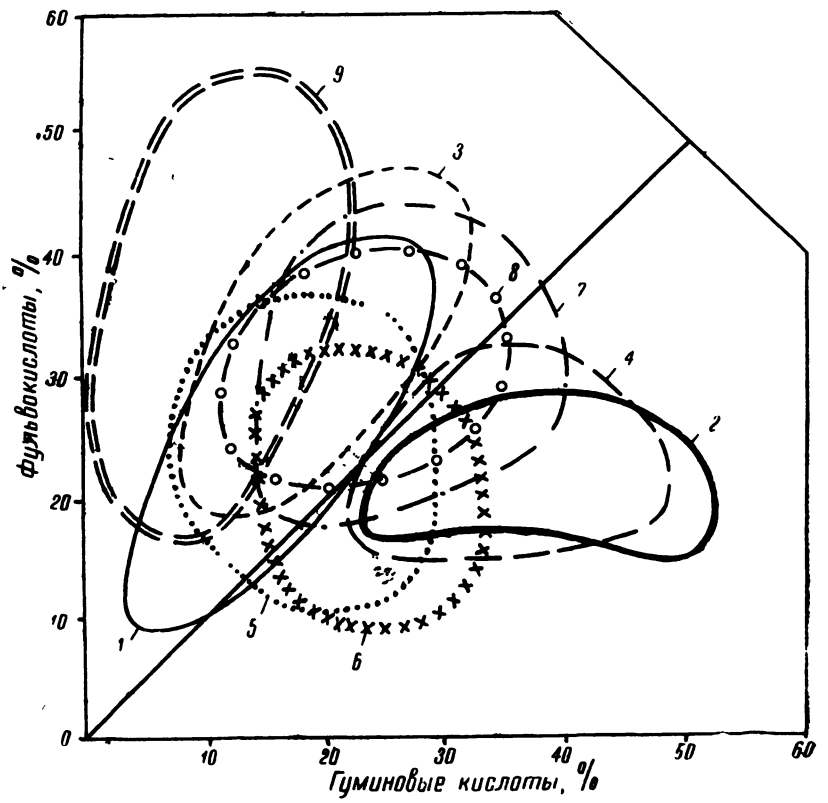


Рис. 3. Распределение отметок группового состава гумуса некоторых характерных типов почв по полю трехвекторного графика: гуминовые кислоты—фульвокислоты—все другие компоненты группового состава (негидролизуемый остаток, воскосмолы и др.) (в % от общего углерода гумуса)
1—дерново-подзолистые и подзолы; *2*—черноземы; *3*—бурые лесные; *4*—серые лесные; *5*—сероземы; *6*—каштановые; *7*—коричневые (лесные), *8*—желтоземы; *9*—красноземы тропические

По мере накопления новых фактических данных о химическом составе гумуса возможности разностороннего использования их при почвенно-генетическом анализе все расширялись. Однако обширность и вместе с тем значительная разрозненность этих материалов сильно затрудняли их применение. Желание использовать эти данные требовало специального внимания и определенного опыта в сравнительном анализе.

Резко возросшее число анализов и охват ими все большего количества типов почв свидетельствовали о целесообразности нового общего их рассмотрения с использованием для этой цели подходящего метода. Успех первого применения координатного метода при выяснении группового состава гумуса (Волобуев, 1962) давал основания и теперь вос-

пользоваться им. После опубликования этого метода автор продолжал собирать новые материалы о химическом составе гумуса. Из литературных источников (более 50) были выбраны данные о групповом и фракционном составе гумуса. Обработке подверглись данные более чем по 250 разрезам, включившим около 700 анализов отдельных образцов. При этом были пополнены данные по типам почв, уже рассмотренные при первом исследовании, а также и по другим типам почв, до того отсутствовавшие. Результаты обработки данных по групповому составу гумуса представлены на рис. 3.

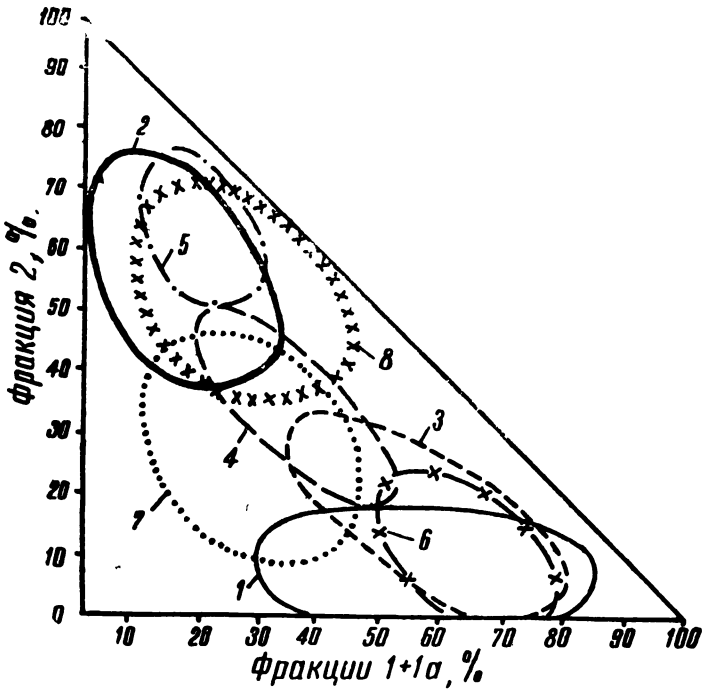


Рис. 4. Распределение отметок фракционного состава гумуса некоторых характерных типов почв по полю трехвекторного графика: сумма фр. 1+1а—фр. 2—фр. 3+гидролизат (в % от общего углерода гумуса)
1—дерново-подзолистые и подзолы; *2*—черноземы; *3*—бурые лесные; *4*—серые лесные; *5*—коричневые насыщенные; *6*—коричневые выщелоченные; *7*—сероземы; *8*—каштановые

Для чернозема характерно наиболее значительное содержание гуминовых кислот и пониженное — фульвокислот при колебании последних в довольно узких пределах. Каштановые почвы по сравнению с черноземами отличаются гораздо меньшим содержанием гуминовых кислот и более высоким — фульвокислот. В сероземах обе эти группы содержатся в меньших количествах и, следовательно, в них гораздо выше доля других компонентов гумуса.

Своеобразно положение смолниц, накладывающихся на поле черноземов, каштановых почв и сероземов. Групповой состав гумуса горнолуговых почв обнаруживает несколько повышенное содержание фульвокислот по сравнению с другими почвами дернового генезиса.

Распределение отметок почв лесного почвообразования также позволяет судить о характерных особенностях группового состава гумуса разных типов. В ряду почв серые лесные—бурые лесные—подзолистые отмечается последовательное уменьшение содержания гуминовых кислот при всевозрастающей доле негидролизуемого остатка и воскосмол.

Для красноземов и желтоземов характерны повышенные количества фульвокислот сравнительно с серыми лесными почвами и подзолами при одновременно высоком содержании и гуминовых кислот, т. е. в них относительно мало гуминов и воскосмол. Гумус коричневых лесных почв отличается довольно широким изменением его группового состава. Поле отметок по тундровым почвам разместилось очень близко к подзолистым.

Представлялось необходимым воспользоваться данными не только по групповому составу гумуса, но и по фракционному. При этом целесообразно воспользоваться тем же графическим методом с прямоугольным треугольником, что уже применен ранее (Волобуев, 1962). В данном случае наиболее показательным может быть сопоставление таких компонентов, как сумма фр. 1 + 1а, фр. 2, фр. 3 + гидролизат. Выразив их в процентах от общей суммы и проставив отметки на прямоугольный график, можно выявить весьма характерные различия между типами почв (рис. 4)*.

Из рис. 3 и 4 следует, что хотя вариаграммы распределения отметок по отдельным типам почв на поле графика размещаются с довольно большим взаимным наложением, вместе с этим выявляются и характерные совокупности почв. Так, по групповому составу гумуса четко обособляются вариаграммы почв с преимущественно гуматным составом (черноземы, серые лесные) и преимущественно фульватным (подзолистые, бурые лесные, красные тропические).

Таблица 2

Схема подразделения почв по формам гумуса

Основные подразделения по структурно-групповому составу гумуса	Основные подразделения по соле-фракционному составу гумуса		
Фульватно-гуматные	Натрий-кальциевонасыщенные	Магний - кальциевонасыщенные, богатые гуматами кальция и связанными с ними фракциями фульвокислот (фр. 2)	Ненасыщенные, богатые подвижными фракциями гумуса (фр. 1+1а)
Гуматно-(гумино)-фульватные (включая и редуктивный гумус)	Натриевонасыщенные	Магний - кальциевонасыщенные, богатые гуматами кальция и связанными с ними фракциями фульвокислот (фр. 2)	Ненасыщенные, богатые подвижными фракциями гумуса (фр. 1+1а)

По фракционному составу также обособляются почвы с гумусом с преобладанием Са-гумусовой фракции (черноземы, каштановые, коричневые, лесные насыщенные) и с преобладанием Н-гумусовой фракции (подзолистые, бурые лесные, коричневые ненасыщенные).

Основные различия почв по природе их органического вещества могут быть представлены по схеме, приводимой в табл. 2.

Как видно, в первом подразделении форм гумуса главным показателем является соотношение «гуминовые кислоты : фульвокислоты», а во втором порядке подразделения — соотношение гумусовых фракций.

---

* Фракции гумуса: 1а — фульвокислоты, растворимые при непосредственной обработке почвы разведенными минеральными кислотами; 1—гуминовые кислоты и фульвокислоты, растворимые при непосредственной обработке разведенными щелочами; 2—гуминовые кислоты и фульвокислоты, растворимые в разведенных щелочах только после удаления из почвы обменного кальция; 3 — гуминовые кислоты и фульвокислоты, растворимые в разведенных щелочах при переменной обработке почвы кислотой и щелочью, связанные с относительно устойчивыми гидратами полуторакисей.

ГЛАВА 6

ФАЗЫ ИЗМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЧВ

Неразрывная связь между почвообразованием и процессами выветривания была очевидна на первых же этапах научного понимания почв. Эта связь вошла в докучаевское определение почвы как продукта преобразования горной породы совместным воздействием биологических и атмосферных агентов. Поэтому понятно, что объяснение тех или других особенностей почв зачастую видели в своеобразии материнских пород. Наиболее ярко это проявилось в подчеркивании своеобразия почв, формирующихся на известняках. В ряде случаев указывалось на особое течение почвообразования, с одной стороны, на основных породах, с другой, — на кислых. Но давно было также замечено, что характер биоклиматической обстановки оказывается столь значимым для почвообразования, что даже коренные различия в химическом составе пород по мере хода почвообразования сглаживаются и при сходстве биоклиматических условий на разных породах при достаточно длительном почвообразовании формируются вполне однотипные почвы. На это было указано еще К. Д. Глинкой (1931), писавшим, например, в отношении чернозема, что он «...может образоваться на самых разнообразных материнских породах, ибо в данном случае не столько имеет значение материнская порода, сколько способ ее изменения при превращении в почву» (стр. 383).

Таким образом, несмотря на определенные расхождения в понимании роли химического состава пород и условий выветривания материнских пород, несомненным было признание теснейшей связи формирования почв с процессом преобразования, выветривания материнских пород.

Новым этапом в понимании связи между процессом выветривания материнских пород и образованием почв явилось учение Б. Б. Полынова о коре выветривания как о стадийном образовании. Напомним, что им были указаны следующие основные формы остаточной коры выветривания (ортоэлювия): обломочная, обызвесткованная, сиаллитная, аллитная. Идея Б. Б. Полынова о различных формах коры выветривания, как выражающих определенные стадии ее формирования, была активно принята почвоведами и способствовала углублению понимания роли процессов минеральных изменений в почвообразовании. Это же усилило интерес к составу почвенных минералов.

Несмотря, однако, на общее признание важности идей Б. Б. Полынова о формах коры выветривания для теории почвообразования, на понимание того, что различные типы почв сопряжены с определенными формами коры выветривания, и на все более частое описание почвоведами коры выветривания в смысле идей Б. Б. Полынова, известно очень

немного работ, в которых стадийные превращения в коре выветривания были бы прямо использованы для объяснения происхождения почв или возникновения их определенных свойств. В этом отношении выделяется лишь учет аллитной коры выветривания, с которой непосредственно связывается ряд тропических почв. Что же касается других почв, то автор может указать лишь немногие работы, в которых внетропические почвы сопоставлены с определенными формами коры выветривания. Так, известны предложения учесть коры выветривания в классификации почв (Виленский, 1945; Зонн, 1963). Идею стадийных минеральных изменений согласно Б. Б. Полынову использовал в своей разработке классификации почв автор. При этом сделано предложение о введении некоторых дополнительных фаз — представлялось необходимым различать фазы оглинивания и опесчанивания (Волобуев, 1956, 1962, 1964).

Необходимость выделения в дополнение к установленным Б. Б. Полыновым фазам развития остаточной коры выветривания еще глинной и опесчаненной выяснилась при попытке сопоставления известных генетических типов почв с основными формами коры выветривания по Б. Б. Полынову. При этом обнаружилось, что с сиаллитной корой выветривания пришлось бы считать сопряженной очень большую группу типов почв, весьма разнообразных по составу. Явно намечался вывод о необходимости подразделения сиаллитной коры выветривания. Это, собственно, было уже отчасти сделано Б. Б. Полыновым, когда он выделил обызвесткованную сиаллитную форму коры выветривания.

Подтверждение целесообразности сделанного автором предложения о расширении числа видов кор выветривания можно видеть в том, что впоследствии В. М. Фридланд (1964) предложил различать в тропиках «маргаллитовые» коры, главной составной частью которых являются минералы группы монтмориллонита. С. В. Зонн, Л. Васкез, П. Местре (1966) на Кубе среди других кор различают слитносиаллитную и кварцево-аллитную, близко отвечающие выделенным автором глинной и опесчаненной.

Но, понятно, вопрос о дополнительном выделении форм коры выветривания требует специального исследования.

Прежде чем изложить результаты нашего исследования в этом направлении, остановимся на соотношении понятий «почва» и «кора выветривания».

Б. Б. Полынов (1934) рассматривал почвообразование как известную стадию более общего процесса изменения литосферы и образования коры выветривания. Однако можно заметить, что изменение минеральной части в собственно почве он представляет более дифференцированно, различая больше 4 фаз, выделенных им для остаточной коры выветривания. Более того, отмечая относительное накопление кремнезема в подзолах, он пишет, что «это чисто почвенное образование» и что оно свойственно исключительно «верхним почвенным горизонтам элювия» (Полынов, 1947).

Действительно, верхний (почвенный) слой коры выветривания является средоточием биологической деятельности, здесь имеются большие массы органического вещества, наиболее выражены контрасты атмосферных влияний. Все это не может не обусловливать развития совершенно специфических процессов, не свойственных более глубоким слоям коры выветривания.

Кроме того, своеобразие почвенного слоя коры выветривания надо видеть и в том, что минеральные преобразования в нем протекают с наибольшей интенсивностью. Поэтому стадии минеральных преобразований в почвенном слое могут оказаться гораздо далее продвинувшимися, чем в глубоких слоях коры выветривания.

Следовательно, при разборе минеральных преобразований в почве будет оправданным различать почвенный слой коры выветривания, в котором будут иметь место как общие для всей коры выветривания явления, так и специфические почвенные. Рассматривая процессы минеральных превращений в почве, следует прежде всего иметь в виду не вообще смену форм коры выветривания, а собственно фазы минеральных преобразований в почве.

Перейдем далее к нашему исследованию, касающемуся выяснения характерных фаз минеральных преобразований в почве (Волобуев, 1967). Эта задача, несомненно, чрезвычайно сложная, поскольку характер минеральных преобразований в почве зависит от множества условий: состава исходных пород, гидротермического режима, биологических факторов и др. Естественно, по крайней мере на первых порах, что это исследование неизбежно должно иметь черты известной генерализации.

В своем исследовании мы опирались на аналитические материалы из опубликованных источников, содержащих данные валовых анализов, механического состава, емкости поглощения. Привлечены и некоторые данные по характеристике илистой части почв. Всего обработаны данные более чем по 650 почвенным разрезам, охватывающим почвы Советского Союза, стран Западной и Восточной Европы, Индии, Африки и др.

В почвоведении давно уже используются в качестве показателей хода процесса выветривания и минеральных изменений в почве различного рода коэффициенты-отношения—SiO_2/R_2O_3; SiO_2/Al_2O_3; SiO_2/Fe_2O_3; Al_2O_3/Fe_2O_3.

Для целей первого, самого общего суждения о процессе минеральных преобразований в почве мы приняли отношение SiO_2/R_2O_3 (далее обозначаемое Si/R), сопоставив с ним прежде всего степень дисперсности почв (в качестве показателя последней принято содержание ила, т. е. частиц $<0{,}001$ *мм*). Из большого числа источников, содержащих данные валовых анализов, были выбраны разрезы, по которым имелись также данные механического состава. Затем графически сопоставлены средние значения для верхнего метрового слоя соотношения Si/R и содержания ила.

По рис. 5, *а*, несмотря на широкий разброс точек, хорошо видно последовательное возрастание дисперсности по мере уменьшения величины отношения Si/R. Чтобы более четко выявить основную закономерность в этом отношении, определены средние значения содержания ила для каждого интервала в 0,5 значения Si/R, а затем применен метод скользящих средних для пар смежных интервалов (с поочередной комбинацией предыдущих и последующих интервалов). Об изменении илистости в прямой связи с соотношением Si/R хорошо свидетельствует рис. 5, *в*. Можно сказать, что, начиная примерно от значения Si/R, равного 13, степень илистости последовательно все более увеличивается с уменьшением этого отношения, тогда как при величине Si/R более 13 илистость преимущественно мала (менее 10%).

Справедливость этой закономерности превосходно подтверждается и на примере почв Южной Африки: рис. 5, *б*, составленный по данным Ван дер Мерве (Van der Merve, 1941), в которых илистость выражена в содержании частиц $<0{,}002$ *мм*, показал подобное же последовательное увеличение илистости по мере сужения соотношения Si/R.

Этот вывод не неожидан. Принимая величину Si/R как показатель степени продвинутости выветривания, мы убеждаемся, что этот процесс сопряжен со все большей раздробленностью остаточных продуктов выветривания. Новым здесь будет, пожалуй, обнаруженная в общем пря-

молинейная связь между изменением Si/R и степенью илистости. Однако явление здесь на самом деле более сложное.

Мы не будем сейчас останавливаться на обсуждении возможных причин этих закономерных соотношений и проведем далее аналогичное сопоставление, используя уже изменение емкости поглощения в связи с Si/R (рис. 6).

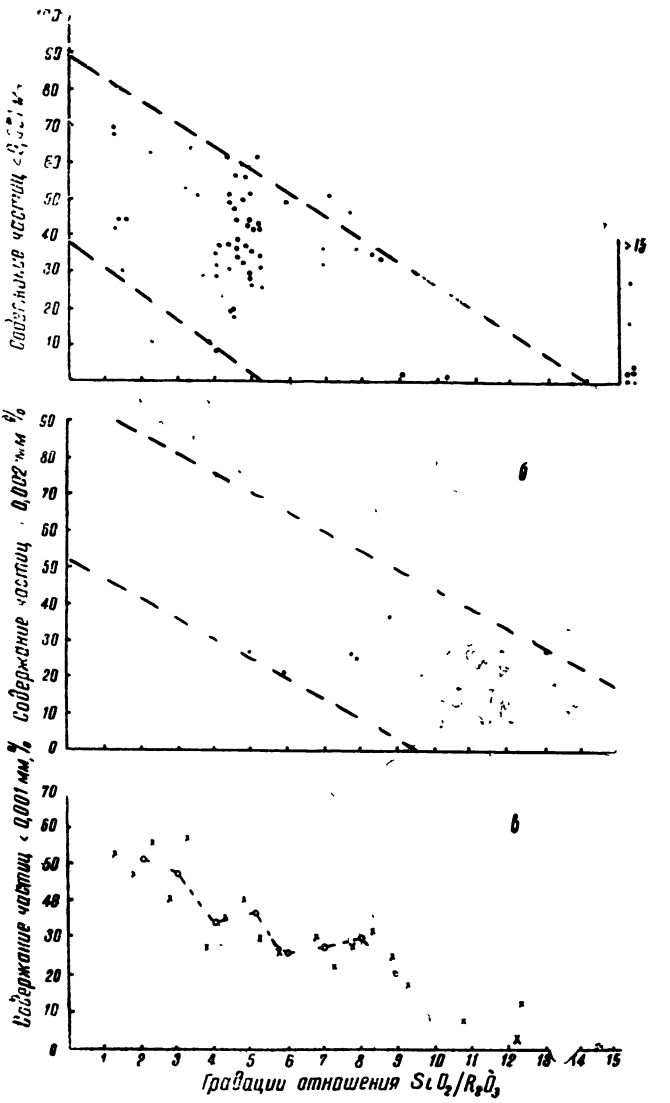


Рис 5. Изменение содержания илистых частиц в связи с значением отношения SiO_2/R_2O_3 в слое 0—100 *см* почв Евразии (степные, таежнолесные, субтропические, тропические и др.)
а—распределение отметок по отдельным разрезам;
б—то же по почвам Южной Африки (частицы <0,002 *мм*);
в—крестики—средние значения по полуинтервалам отношения. линия—скользящие средние для пар смежных полуинтервалов отношения

В этом сопоставлении, также при большом рассеве точек, отчетливо видно существенно иное соотношение. По мере понижения величины Si/R, начиная от значений 12—13, емкость поглощения возрастает при-

мерно в том же порядке, как увеличивалась и степень илистости, и достигает наивысших значений (40—70 *мг-экв* на 100 *г* почвы) близ интервала Si/R 3,5—5,5; при дальнейшем понижении индекса Si/R емкость поглощения резко убывает. Эту же закономерность в обобщенном виде обнаруживает рис. 6, *б*, составленный по методу скользящей средней. В интервале значений Si/R более 12—13 емкость поглощения преимущественно низкая, порядка 5—10 *мг-экв* на 100 *г* почвы.

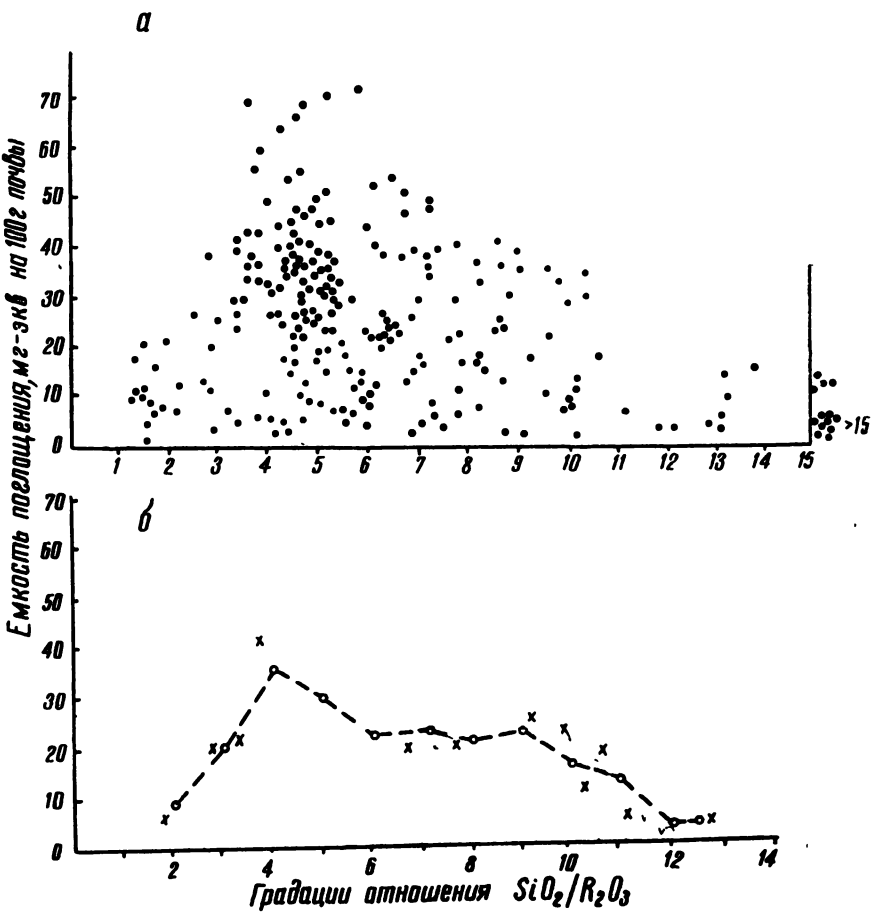


Рис. 6. Изменение емкости поглощения в слое почвы 0—50(60) *см* в связи со значением отношения SiO_2/R_2O_3 в слое почвы 0—100 *см* по почвам Евразии (степные, таежнолесные, субтропические, тропические и др.)
а—распределение отметок по отдельным разрезам; *б*—крестики—средние значения по полуинтервалам отношения, линия—скользящие средние для пар смежных полуинтервалов отношения

Таким образом, довольно отчетливо выясняются 4 характерных соотношения между значениями Si/R, степенью илистости и величиной емкости поглощения почв:

< 3,5	по мере увеличения дисперсности емкость поглощения быстро уменьшается;
3,5—5,5	при относительно высокой дисперсности емкость поглощения достигает наивысших значений;
5,5—12,0	емкость поглощения последовательно уменьшается по мере понижения степени дисперсности;
>12,0	степень дисперсности и емкость поглощения наиболее низкие и уже не обнаруживают какой-либо выраженной связи с изменением Si/R.

На рис. 5, *а* и 6, *а* наблюдается рассев точек. Это явление совершенно понятно, поскольку нами рассматриваются некоторые частные соотношения. Мы опускаем ряд факторов, с которыми связаны состояние и изменение дисперсной фазы почв. В связи с этим исследование самого характера рассеяния точек также может дать дополнительный интересный материал.

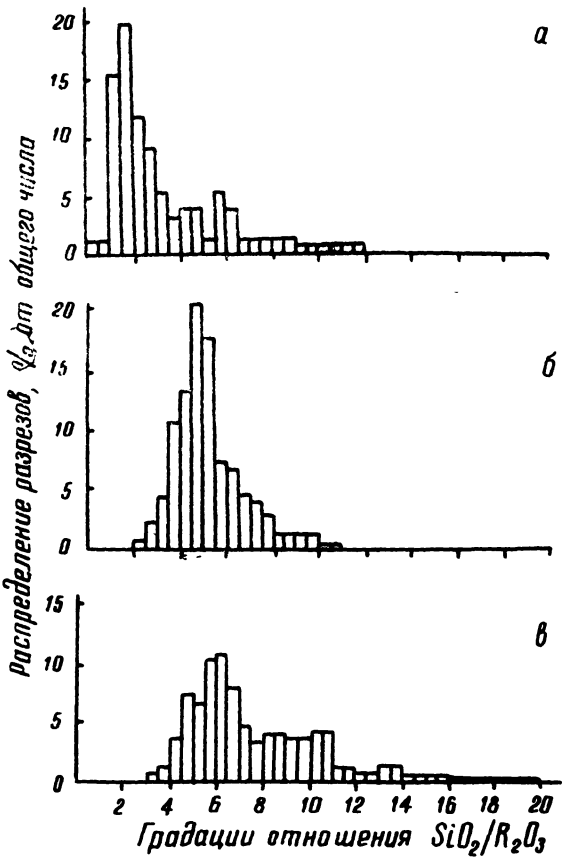


Рис. 7. Распределение почв по величине отношения SiO_2/R_2O_3
а—красноземы тропические и субтропические, латеритизированные почвы и др.; *б*—коричневые, бурые лесные, желтоземы, смолницы, регуры и др; *в*—черноземы, серые лесные, каштановые, сероземы, дерново-подзолистые, подзолы и др.

Воспользуемся для этой цели методом построения гистограмм (рис. 7). Представленные гистограммы получены следующим образом. В пределах установленных первых 3 интервалов значений Si/R определено число разрезов, приходящихся на каждую градацию содержания ила (через каждые 10%), либо емкости поглощения (через каждые 10 *мг-экв* на 100 *г* почвы). Затем это распределение выражено в процентах к общему числу разрезов по каждому из принятых интервалов.

По рис. 8 превосходным образом видно действительное своеобразие почв 3 групп, различающихся значениями Si/R. Как оказалось, рассев точек на рис. 5 и 6 вполне закономерен, их разброс лишь отражает природное варьирование свойств почв и вместе с тем наглядно подтверждает своеобразие почв установленных групп по величине Si/R.

В пределах значения Si/R<3,5 почвы по содержанию ила и емкости поглощения находятся в обратном соотношении, тогда как при значениях Si/R более 5,5 почвы как по содержанию ила, так и по емкости поглощения явно сдвинуты в сторону преимущественно малых величин. Наконец, совершенно своеобразен интервал Si/R 3,5—5,5, в пределах которого явно преобладают почвы с некоторой средней, но достаточно высокой степенью илистости (30—50% и более), однако среди них очень велика доля почв с повышенной емкостью поглощения (30—50 *мг-экв* и более на 100 *г* почвы).

Естественно возникает вопрос: выявленные характерные интервалы отношения Si/R просто отражают определенные соотношения между показателем Si/R, илистостью почв и обменной способностью при их последовательном изменении или же обособление этих интервалов обусловлено существованием некоторых групп почв с качественно своеобразной сопряженностью исследованных почвенных свойств?

Чтобы ответить на этот вопрос, было рассмотрено распределение разрезов каждого из исследованных типов почв по величине показателя Si/R. Из сопоставления довольно четко выявилась возможность объединить все охваченные обработкой почвы в 3 группы.

Одну из групп представляют почвы влажнотропического почвообразования: тропические красноземы, латеритизированные почвы, тропические оподзоленные и другие, для которых характерны преимущественно малые значения показателя Si/R.

К другой группе с преимущественно большими значениями показателя Si/R (5—7 и более) можно отнести почвы: черноземы, каштановые, сероземы, дерново-подзолистые и подзолы.

Наконец, между этими крайними группами находятся почвы: коричневые лесные, бурые лесные, желтоземы, смолницы, регуры.

Как видно по рис. 8А, эти группы почв в преобладающей части близко соответствуют установленным выше характерным интервалам показателя Si/R. Конечно, распределяемые разрезы по графикам показателя Si/R каждой из групп в какой-то части перекрывают друг друга, но преобладающее распределение выражено четко. Это можно хорошо показать также процентным распределением разрезов по установленным интервалам Si/R (табл. 3).

Таблица 3

Процентное распределение разрезов почв разных генетических типов по величине отношения Si/R

Группы почв	Интервалы Si/R		
	<3,5	3,5—5,5	>5,5
Тропические и субтропические красноземы, латеритизированные почвы и др.	52,5	23,6	23,9
Коричневые, бурые лесные, желтоземы, смолницы, регуры	7,1	63,0	29,9
Черноземы, каштановые, сероземы, дерново-подзолистые, подзолы	0,5	19,3	80,2

Среди почв влажнотропических областей, наряду с выраженным преобладанием почв с малым Si/R, обращает внимание довольно большая доля разрезов с очень широким Si/R.

Если мы вычертим гистограммы распределения разрезов этих характерных групп почв по величине илистости и емкости поглощения аналогично тому, как это сделано выше, но теперь уже по выявленным

группам типов почв, то, как свидетельствует рис. 8А, они явно подобны представленным на рис. 8.

Выше отмечалось, что на первом этапе исследования в проработках неизбежно приходится идти на большую генерализацию. В частности, это могло касаться, помимо различий в составе материнских пород,

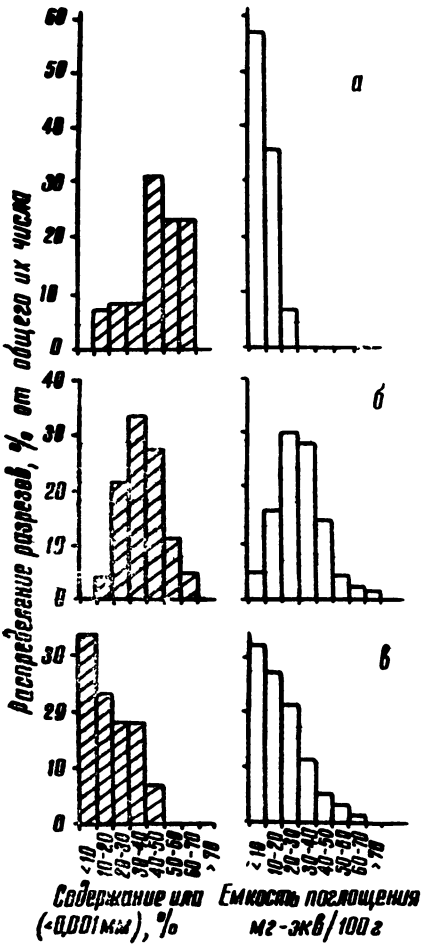


Рис. 8. Распределение разрезов по степени илистости и емкости поглощения по каждой из трех групп почв согласно значениям отношения SiO_2/R_2O_3
а—<3,5; *б*—3,5—5,5; *в*—>5,5

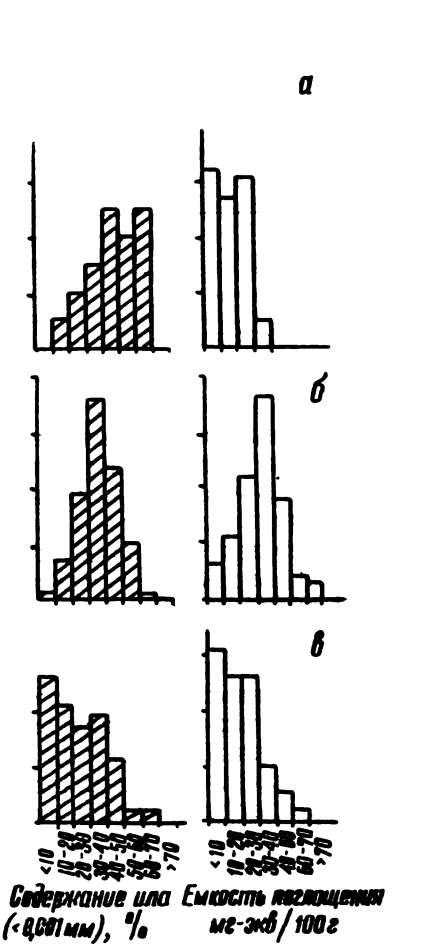


Рис. 6А. Распределение разрезов характерных групп почв по степени илистости и емкости поглощения
а—красноземы тропические и субтропические, латеритизированные почвы и др.: *б*—коричневые, бурые лесные, желтоземы, смолницы, регуры и др; *в*—черноземы, серые лесные, каштановые, сероземы, дерново-подзолистые, подзолы и др.

и биоклиматических условий. При более детальном исследовании надо было бы сопоставлять типы почв по сходным рядам увлажнения, например, черноземы, смолницы, регуры; подзолы, дерново-подзолистые, бурые лесные почвы, влажнотропические красноземы и т. д. Но, как показывают приводимые ниже данные о процентном распределении разрезов по величине емкости поглощения для случая подзолистых и бурых лесных почв и отдельно их остаточнокарбонатных подтипов, особенно-

сти, установленные при общем рассмотрении, проявляются и при этом более частном сопоставлении (табл. 4, исходные данные: Роде, 1937; Алиев, 1964; Салаев, 1966; Зонн, 1950; Сабашвили, 1948; Тарасашвили, 1956).

Таблица 4

Процентное распределение разрезов почв разных генетических типов по величине емкости поглощения

Почвы	Градации емкости поглощения, *мг-экв* на 100 *г* почвы										
	<5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35	35—40	40—45	45—50	>55
Подзолистые	45	22	10	7	5	2	3	2	1	1	1
Бурые лесные	2	2	14	14	16	10	9	9	9	5	4
Подзолистые на карбонатных породах	11	21	26	32	10	—	—	—	—	—	—
Бурые лесные остаточно-карбонатные	—	—	—	—	—	—	4	9	48	5	30

Следовательно, выявленные на основе рассмотрения последовательности изменения степени илистости и емкости поглощения в связи с величиной Si/R 3 своеобразных интервала в сочетании этих признаков отвечают 3 крупным реально существующим группам типов почв, обладающих совершенно различными названными показателями.

Если мы вновь обратимся к составу типов почв, вошедших в каждую из 3 выделенных групп, то заметим, что каждая из них действительно имеет некоторые своеобразные черты. Различия можно прежде всего видеть в особенностях минералогического состава.

Для почвенных типов первой группы с наиболее низкими значениями Si/R, развитых во влажнотропических районах, еще со времени первых исследований указывается богатство их минералами глинозема, гидратами железа и обедненность кремнеземом; отмечается также низкая емкость поглощения. Все отмеченное выявлено и в нашем исследовании для группы почв с индексом Si/R менее 3,5. Эту группу типов почв в ее основной части можно ассоциировать с аллитной корой выветривания в смысле Б. Б. Полынова. Конечно, при более детальном подходе возможно более дифференцированное подразделение по преобладанию минералов глинозема или железа. Поэтому целесообразно именовать эту фазу в более общей форме — не аллитной, а ферраллитной. Здесь надо помнить, что известная часть разрезов почв влажнотропических районов лежит за пределами интервала значений Si/R>3,5. На природе этой части почв остановимся ниже.

Перейдем далее к группе почв с величиной показателя Si/R более 5,5. В нее входят главным образом почвы, обычно связываемые или с сиаллитной обызвесткованной корой выветривания, или с сиаллитной ненасыщенной. При наличии в минеральном составе их дисперсной части в качестве характерных минералов иллита, монтмориллонита, каолинита, остаточного кварца понятна их невысокая в общем емкость поглощения, так же как и средняя или низкая степень дисперсности.

Для черноземов, входящих в эту группу, в работах некоторых авторов указывается в качестве характерного минерала илистой фракции монтмориллонит. Но это, даже при действительно относительно повышенном содержании монтомориллонита, не создает качественных отличий черноземов от других степных почв группы. Подтверждение сказан-

ному можно видеть, например, в результатах исследований Г. М. Пономарева и И. Н. Антипова-Каратаева (1947), которые отмечали: «Материал позволяет установить единство процессов и прогрессирование их, начиная от сероземов и светло-каштановых почв к черноземам и выщелоченным черноземам. Различия в этих стадиях не столько глубокие, качественные, но в основном существенные, количественные». Заметим также, что есть ряд работ, в которых в качестве преобладающих минералов в илистой фракции черноземов указываются гидрослюды и смешаннослойные, слюдоподобные минералы (Чижикова, 1968; Алексеев, 1969; Balint Iolanda, 1964).

Особого рассмотрения требует группа почв с преимущественным значением показателя Si/R 3,5—5,5. Часть их некоторые исследователи связывают с сиаллитно-сиферритной корой выветривания (бурые лесные и коричневые), карбонатно-сиаллитной (смолницы) (Антипов-Каратаев и Герасимов, 1948) и сиаллитно-аллитной. В одних почвах подчеркивается заметное количество монтмориллонита, каолинита, полуторных окислов (бурые лесные, желтоземы), тогда как для коричневых, смолниц, регуров как определяющий минерал указывается монтмориллонит.

Но есть еще одно весьма примечательное обстоятельство, отличающее все типы почв этой промежуточной группы: при характеристике всех этих почв как специфическое качество всегда подчеркивается их оглиненность. Для регуров, смолниц, коричневых лесных почв высокая оглиненность — один из важнейших диагностических признаков. Но и в случае бурых лесных почв высокая оглиненность также характерное качество. Например, И. Н. Антипов-Каратаев и И. П. Герасимов (1948) пишут: «Основное в этих почвах — это наличие оглиненного горизонта».

А. Н. Никитина (1948) установила, что коллоидная часть бурых лесных почв Таджикистана представлена минералами монтмориллонитовой группы, гидрослюдами и гетитом; она подчеркивает, что процесс образования глинистых минералов «происходит чрезвычайно энергично, что является в значительной мере характерной чертой этих почв и обусловливает наряду с накоплением ила их оглинение». На высокую оглиненность почв «лессиве» указывал Е. Эвальд (Ehwald, 1958).

Хорошо выраженный высокоглинистый слой играет исключительную роль и в жизни желтоземов Ленкоранской зоны Азербайджана (Волобуев и Ковалев, 1955), обусловливая при сезонно неравномерном выпадении осадков возникновение состояния почвенного переувлажнения. Явление сезонного переувлажнения в сочетании с высокой глинистостью почв, очевидно, служит основой формирования в Ленкоранской зоне и «коричневых деградированных» почв.

В чем же причина обособления почв с этими общими и столь специфическими качествами?

Прежде всего это следствие простого сопряженного увеличения как дисперсности, так и способности к обменным явлениям. Ведь хотя при уменьшении соотношения Si/R ниже 3,5 дисперсность и продолжает нарастать, способность к катионному обмену резко падает. Следовательно, для почв, приуроченных в основной своей части к интервалу значений Si/R 3,5—5,5, характерны как высокая дисперсность, так и наибольшая способность к обменным реакциям.

По-видимому, своеобразие этой группы почв не исчерпывается отмеченным. Есть основания видеть у почв интервала Si/R 3,5—5,5 более глубокое отличие и в природе дисперсной части.

Вполне убедительное доказательство справедливости этого заключения находим в данных по поглотительной способности илистой фрак-

Таблица 5

Результаты статистического исследования зависимости величины емкости катионного обмена от содержания в почве гумуса и ила (< 0,001 *мм*)

Почвы	Уравнения регрессии $y=a+b_1 \pm s_1 \cdot x_1 + b_2 \pm s_2 \cdot x_2$	Средние значения			Относительная доля емкости обмена (%), связанной с		
		емкости катионного обмена y, *мг-экв*	содержания гумуса x_1, %	содержания ила x_2, %	невыявленным n компонентом	гумусом	илом
Подзолистые	$y=0{,}25+1{,}29\pm0{,}36x_1+0{,}40\pm0{,}06x_2$	**8,4**	**1,6**	**15,2**	**3,0**	**24,6**	**72,4**
Черноземы	$y=12{,}04+2{,}70\pm0{,}35x_1+0{,}45\pm0{,}12x_2$	**42,5**	**6,1**	**30,2**	**28,6**	**39,1**	**32,3**
Каштановые (*а*)	$y=6{,}89+1{,}89\pm0{,}58x_1+0{,}46\pm0{,}06x_2$	**21,2**	**2,5**	**20,6**	**32,7**	**22,4**	**44,9**
Каштановые (*в*)	$y=5{,}57+2{,}98\pm0{,}97x_1+0{,}24\pm0{,}10x_2$	**14,2**	**1,6**	**15,6**	**39,6**	**33,3**	**27,1**
Сероземы	$y=4{,}06+1{,}56\pm0{,}38x_1+0{,}34\pm0{,}6x_2$	**9,8**	**1,0**	**12,3**	**41,4**	**16,0**	**42,6**
Серые лесные	$y=2{,}62 \quad 2{,}91x_1 \quad 0{,}51x_2$	**26,1**	**3,0**	**28,9**	**10,0**	**33,5**	**56,5**
		В среднем			**25,9**	**28,1**	**46,0**
Смолницы	$y=13{,}63-1{,}59\pm1{,}50x_1+0{,}71\pm0{,}12x_2$	**42,2**	1,8	**44,2**	**34,1**	**7,4**	**58,5**
Коричневые	$y=19{,}82+1{,}38\pm0{,}36x_1+0{,}25\pm0{,}11x_2$	34,5	3,2	41,1	57,4	**2,8**	**29,8**
Черноземы слитые	$y=43{,}61+0{,}2x_1+0{,}05x_2$	46,3	3,7	39,4	67,8	**1,2**	**31,0**
Коричневые слитые	$y=15{,}84+0{,}12\pm0{,}50x_1+0{,}38\pm0{,}04x_2$	32,0	1,8	42,6	48,5	**1,0**	**50,5**
Черные тропические	$y=19{,}92+1{,}95\pm0{,}60x_1+0{,}60\pm0{,}05x_2$	49,9	1,0	46,6	40,0	3,9	**56,1**
Желтоземы	$y=24{,}4+0{,}99\pm0{,}48x_1+0{,}15\pm0{,}12x_2$	30,6	2,4	25,1	79,9	7,8	**12,3**
		В среднем			54,9	4,0	39,7
Влажнотропические Африки	$y=2{,}28+1{,}58\pm0{,}18x_1+0{,}014\pm0{,}02x_2$	**6,1**	2,1	39,4	37,1	53,9	9,0
Влажнотропические Азии	$y=6{,}49+1{,}47\pm0{,}55x_1+0{,}01\pm0{,}04x_2$	**9,2**	2,5	33,0	62,0	35,0	3,0
		В среднем			49,6	44,4	3,0
Влажнотропические (по другим данным)	$y=6{,}26+1{,}4x_1$				74,1	35,9	—

ции, приведенных Н. И. Горбуновым (1963), Л. Н. Кулешовым (1967), R. Tamhane a. N. Namjoshi (1959). Были вычислены средние значения величины емкости поглощения илистой фракции в *мг-экв* на 100 *г* почвы, которые затем сопоставили попарно по типам почв разных интервалов Si/R, но с наиболее сходными гидротермическими условиями почвообразования:

	$Емк_1$	$Емк_2/Емк_1$	$Емк_2$	
Красноземы субтропические	17,3	2,32	40,0	Желтоземно-подзолистые и желтоземы
Дерново-подзолистые	39,9	1,11	45,3	Бурые лесные
Каштановые	40,5	1,35	54,6	Серо-коричневые слитые
Серые лесные	42,2	1,58	65,0	Коричневые деградированные, „черноземы слитые"
Черноземы	66,4	1,50	100,1	Черные почвы Индии

Как видим, илистая фракция почв типов, приуроченных преимущественно к интервалу Si/R 3,5—5,5 ($Емк_2$), обладает значительно более высокой поверхностной энергией, чем почв интервалов Si/R<3,5 и > 5,5 ($Емк_1$), Почвы интервала Si/R 3,5—5,5 имеют в среднем на 40% более высокую емкость обмена, чем почвы интервала Si/R>5,5.

Весьма интересные результаты дала попытка выяснить статистическим путем компоненты почвы, «ответственные» за величину емкости поглощения. Для этого был проведен двухфакторный регрессионный анализ, имевший целью выяснить зависимость величины емкости поглощения y от содержания в почве гумуса x_1 и ила x_2. Статистическая обработка велась с использованием данных по образцам из горизонтов почвы. В общей сложности в обработке были использованы данные по 160 разрезам с 570 образцами по отдельным горизонтам*. В итоге получен ряд регрессионных равенств (табл. 5).

Из уравнений регрессии хорошо видно, что их коэффициенты в подавляющей части статистически достоверны. Но и случаи коэффициентов, имеющих большую ошибку (превышающую 3), тоже в своем смысле содержательны и отражают некоторые стороны исследуемых отношений. Например, большая изменяемость коэффициента регрессии $в_1$ (по гумусу) объясняется тем, что ряд из использованных разрезов смолниц относился к деградированным и в связи с этим соотношения емкости обмена и содержания гумуса по профилю сильно варьировали.

Самое примечательное в данных табл. 5 — это распределение почв в 3 группы с очень характерными различиями в относительной величине емкости, связанными с разными компонентами почвенной массы. В первой группе (подзолистые почвы, черноземы и др.) в определении емкости обмена роль гумуса и ила примерно одинакова; во второй (смолницы, слитые черноземы и коричневые и т. д.) — явно мала роль гумуса и очень значима роль ила; наконец, в третьей группе с почвами влажнотропических областей в определении емкости обмена ничтожно значим ил, хотя в почве его и много, и емкость катионного обмена в них связана главным образом с гумусом, в реакциях обмена в них, по-видимому, заметную роль играют и фракции крупнее ила.

Таким образом, и это статистическое исследование подтверждает наличие выявленных выше характерных групп почв.

Столь значительная разница в поверхностной энергии илистых фракций почв разных интервалов Si/R, бесспорно, лежит в глубоких

* Приношу благодарность З. Г. Шевченко за большую помощь в статистических вычислениях.

различиях в их минералогическом составе. Действительно, в отношении ряда почв интервала Si/R 3,5—5,5 отмечалось богатство их илистой фракции минералами монтмориллонитовой группы (например, черные почвы тропиков, смолницы, коричневые лесные), что хорошо объясняет их высокую способность к обменным реакциям. В то же время в отношении некоторых других типов почв этого же интервала богатство их минералами монтмориллонитовой группы не подчеркивалось столь определенно. Однако совершенно специфические качества почв интервала Si/R 3,5—5,5 приведенными выше данными выявляются превосходным образом. Можно предполагать, что с дальнейшим совершенствованием минералогической диагностики илистой фракции почв отмеченное противоречие отпадет Основанием для такого заключения могут служить имеющиеся авторитетные суждения о необходимости уточнения диагностики глиноземистых минералов. И. П. Гинзбург и И. А. Рукавишникова (1951, стр. 580) пишут: «Все больше собирается фактического материала, заставляющего предполагать существование между каолинитом и монтмориллонитом третьей промежуточной группы минералов со свойствами, напоминающими монтмориллонит, но не вполне идентичных с ним». Так, не выяснено, к какой группе относить глиноземистый галлуазит — к монтмориллонитовой или каолинитовой. Между тем емкость обмена у галлуазита и особенно у ферригаллуазита выше, чем у каолинита. Мак-Эван (Mac Ewan, 1948) установил, что галлуазит образует подобно монтмориллониту адсорбционные комплексы с органическими веществами. Очевидно также, что большее внимание должно быть уделено и аморфным новообразованиям типа аллофанитов, а также смешаннослойным минералам.

В рассматриваемом отношении большой интерес представляют приводимые Д. Фрипиа (Fripiat, 1965) данные об удельной поверхности глинистых минералов. Так, если удельная поверхность у каолинита составляет 5—20 $м^2/г$, у гидрослюды 20—50, то у вермикулита и смешаннослойных минералов — уже 300—500, а у монтмориллонита—700—800 $м^2/г$. Как видим, различия в удельной поверхности между гидрослюдами и монтмориллонитом, безусловно, качественно значимые.

Следует иметь в виду и возможность поверхностного «оглинивания» слюдистых частиц, что тоже может усиливать глинные свойства минеральной массы почвы. На явление оглиненности поверхности частичек полевых шпатов («проглинистые» оболочки) указывали, в частности, Г. М. Пономарев и И. Н. Антипов-Каратаев (1947).

Наконец, необходимость различать особую глинную фазу минеральных превращений вытекает и из данных М. Джексона (Jackson, 1968). Он исходит из тезиса, что химическое выветривание в условиях свободного дренажа в наиболее обычных случаях сопровождается систематической десиликацией минеральной части пород и почв. Исходя из этого признака он пришел к заключению о возможности расположить минеральные ассоциации, возникающие в процессах выветривания, в определенный ряд, придав каждой из них свой индекс (табл. 6). Однако надо иметь в виду, что это не есть в строгом смысле однонаправленный стадийный ряд, поскольку М. Джексон рассматривает химические реакции выветривания обратимыми (в общем виде, по закону действующих масс веществ в маточном растворе). Наряду с общим процессом десиликации в определенных условиях, когда имеет место привнос и накопление кремнезема, возможен процесс вторичного образования монтмориллонита как следствие силикации каолинита, иллита и других минералов. Этого рода процессы могут осуществляться на шлейфах склонов и в депрессиях.

Допущение образования монтмориллонитовых продуктов в резуль-

Таблица

Индекс выветривания глинистых минералов в почвах и осадочных наносах
(по Jackson, 1968)

Индекс выветривания и символ	Глинистые минералы
1 Gip	Гипс (также галит, сульфат натрия и др.)
2 Clt	Кальцит (также доломит, арагонит, апатит и др.)
3 Horn	Роговообманковая смесь (также оливин, пироксен, напр., диопсид, анортит, анальцит и др.)
4 Biot	Биотит (также глауконит, хлорит, антигорит, нонтронит и др.)
5 Alb	Альбит (также плагиоклаз, микроклин, вулканическое стекло и др.)
6 Qtz	Кварц (также кристобаллит, тридимит и др.)
7 Mi-d	IMd диоктаэдральная слюда (также мусковит и 10 Å зоны серицита и др.)
8 Verm	Вермикулит
9 Mont	Монтмориллонит (также бейделлит и др.)
9 Al-Chl	Почвенный диоктаэдральный хлорит
10 Allo	Аллофан (полуторaокисный, галлуазитовый и др.)
10 Kaol	Каолинит (также галлуазит и др.)
11 Gib	Гиббсит (также бемит и др.)
12 Hem	Гематит (также гетит, лимонит, лепидохлорит, магнетит и др.)
13 Ana	Анатаз (также рутил, ильменит, лейкоксен, циркон, корунд и др.)

тате силификации не противоречит принятию нами основной идеи Б. Б. Полынова о стадиях выветривания при выделении фаз минеральных преобразований в почве, поскольку и при силификации возникают продукты с теми же свойствами, что и при прямом процессе выветривания.

Как видно из таблицы, М. Джексон монтмориллонитовую фазу помещает в качестве некоторого среднего класса рядом с вермикулитовой и аллофановой, явно отделив их от менее выветрелых классов (роговообманковый, биотитовый, альбитовый, гидрослюдистый).

Еще более замечателен в интересующем нас отношении приводимый М. Джексоном график емкости катионного обмена различных классов минералов, расположенных в последовательности номеров индекса выветривания. На графике вермикулитово-монтмориллонитово-аллофановые классы совершенно отчетливо выделяются резко повышенной емкостью обмена по сравнению с предыдущими и последующими классами (рис. 9).

Относительное богатство почв интервала Si/R 3,5—5,5 илистыми частицами в сочетании с их высокой поверхностной энергией делает понятным особое проявление в них «глинных» свойств. Эти глинные свойства значительно ослабевают как в сторону почв интервала $Si/R<3,5$, так и в сторону почв интервала $Si/R>5,5$. Остановимся далее на возможных объяснениях особенностей почв интервалов $Si/R<3,5$ и $>5,5$.

В первой группе почв, т. е. сопряженных с интервалом $Si/R<3,5$, главную особенность их — пониженную энергию в катионном обмене — надо отнести, конечно, за счет богатства их дисперсной части минералами каолинитовой группы, гиббситом, гетитом, дегидратированными гидроокислами железа и алюминия. Но значение этих особенностей минералогического состава далеко не сводится только к своеобразному поведению почв в обменных реакциях, а определяет вообще комплекс свойств почв, придавая им совершенно специфические качества. Здесь уместно напомнить об уже давно отмеченных пониженных «глинных» качествах ряда почв тропиков, о чем писала, например, З. Ю. Шокаль-

ская (1948), ссылаясь на Ф. Харди, Ф. Мартина и Г. Дойна и др. В частности, она отмечала, что различия в отношении Si/R в глинистой фракции примерно в 1,33 значимы в сельскохозяйственном отношении. Ф. Харди (Hardy, 1933) писал, что механический анализ латеритных почв показывает гораздо более высокое содержание глины, чем можно ожидать по наблюдениям в поле; гидроокись железа коагулирует глину и, составляя большую часть глинистой фракции, «не ведет себя, как глина», не показывает глинистых свойств: пластичности, вязкости, набухания и т. п. Ф. Мартин и Г. Дойн (Martin a. Doyne, 1928) указывают также, что глины с низким значением Si/R не пластичны, труднее диспергируют, чем обыкновенные глины, обладают меньшей поглотительной способностью. О зернистости аллитных почв свидетельствовал П. Фагелер (1935) и другие исследователи. Г. Гаррассовиц (Harrassowitz, 1930) описывал в качестве своеобразных свойств аллитных красных суглинков их непластичность при большой дисперсности, в противоположность настоящим глинам они не разбухают, агрегированы, а не являются комочками гелей. Весьма примечательна характеристика.

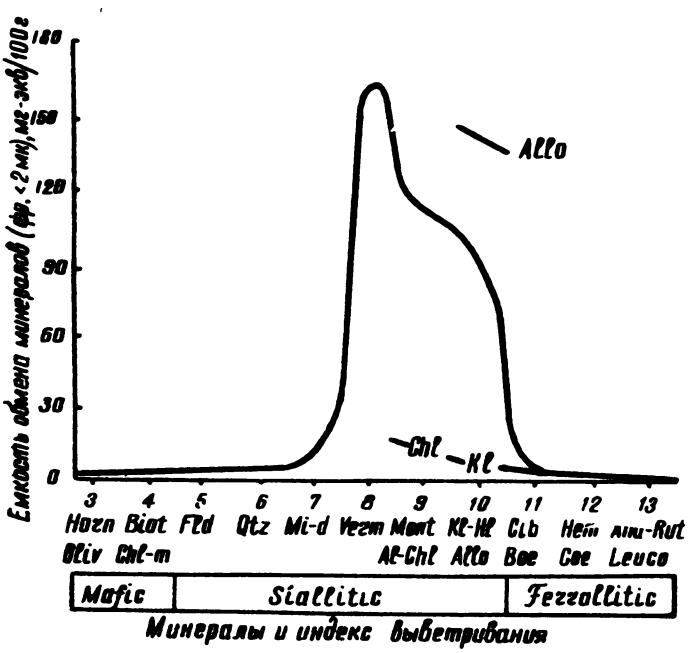


Рис. 9 Величина обменной способности фракции <0,002 *мм* различных классов минералов с разными номерами индекса выветривания (по Jackson, 1968)

данная Д. Робинсоном (Robinson, 1936) «кремнеземистым» и «полуторакисным» продуктам выветривания. Они резко отличаются по механическому составу. Почвы с большим содержанием кремнеземистых продуктов выветривания имеют глинистый характер, пластичны, с сильной связностью; почвы же, богатые полуторакисными продуктами, вполне рассыпчаты. Д. Робинсон приводит также весьма интересные данные Г. Г. Беннета:

Почвы	SiO_2	R_2O_3	$RO+R_2O$	Si/R
Рассыпчатые	29,30	49,19	1,32	1,25
Нерассыпчатые	52,33	30,81	4,50	3,71

Приведенное выше очень красноречиво подчеркивает коренные различия в свойствах глин в почвах с разным значением отношения

Si/R. «Глинистость» их особого рода. Несмотря на большое количество в почвах, богатых полуторакисями, глинистых частиц, «глинные» свойства их резко понижены сравнительно с почвами со значениями Si/R в интервале 3,5—5,5.

В иного рода факторах надо видеть причину различий в свойствах почв интервалов Si/R 3,5—5,5 и >5,5.

Во-первых, почвы, сопряженные с интервалом Si/R>5,5, обладают относительно меньшей способностью к катионному обмену, чем интервала Si/R 3,5—5,5, уже в силу той простой причины, что они в массе менее дисперсны. Во-вторых, несомненны различия в минералогическом составе их наиболее дисперсной части. Для группы почв интервала Si/R>5,5 в качестве наиболее характерных минералов указываются гидрослюды и в меньшей мере монтмориллонит и др. Возможно, именно в связи с этими двумя обстоятельствами в почвах интервала Si/R>5,5 несколько ослабевают свойства, связанные с минеральной дисперсной частью (т. е. с носительницей «глинных» свойств), и более значимой оказывается роль гумуса.

Таким образом, вполне очевидно, что в непрерывном ряду почв с последовательно уменьшающимся значением Si/R, наряду с последовательным же увеличением дисперсности, в почвах с достаточно ограниченными пределами значений отношения Si/R 3,5—5,5 становятся особенно выраженными «глинные» свойства: почвы этого интервала богаты илом, имеют более высокую емкость катионного поглощения, обладают значительной способностью к насыщению влагой, набуханию, липкости и связности в сухом состоянии.

Сопряженный ход изменения значений отношения Si/R и дисперсности дает основание рассматривать почвы, располагающиеся в порядке уменьшения отношения Si/R и увеличения степени дисперсности, как ряд, отражающий стадийный процесс преобразования минеральной части их. Действительно, низкие значения отношения Si/R давно уже воспринимаются как указывающие на глубокую, аллитную стадию выветривания. Следовательно, почвы с более высокими значениями Si/R отвечают более ранним стадиям выветривания.

Рассматривая почвы интервалов отношения Si/R 3,5—5,5 и >5,5 в аспекте представлений Б. Б. Полынова о стадийных фазах коры выветривания, мы должны заключить, что они отвечают сиаллитной обызвесткованной и ненасыщенной корам выветривания, т. е. более молодым фазам сравнительно с аллитной корой выветривания.

В свете этих представлений группы почв, сопряженных с интервалами значений Si/R 3,5—5,5 и >5,5, также должны рассматриваться в стадийном соотношении. Причем почвы первой из этих групп, занимающие промежуточное положение между аллитными и почвами с Si/R>5,5, естественно считать более продвинувшимися в процессах выветривания.

Кажется вполне уместным определить группу почв, сопряженных с интервалом Si/R 3,5—5,5, как переходную от собственно сиаллитных к аллитным. По крайней мере известная их часть именно так и определялась некоторыми исследователями. Но это желание, на первый взгляд вполне уместное, в действительности неосновательно. Хотя эта группа почв и занимает промежуточное положение по значениям Si/R, но, как следует из приведенного выше, по ряду своих свойств она никак не является переходной между собственно сиаллитными и аллитными, а обладает совершенно особыми качествами, делающими ее вполне своеобразной, радикально отличной как от аллитных, так и от собственно сиаллитных. Поэтому использование понятия «сиаллитно-аллитная кора выветривания», очевидно, должно быть ограниченным и действительно

отвечающим лишь случаям с переходными свойствами. Возможно, так именно следует именовать коры выветривания с выраженным присутствием хлорита, которые, хотя стадийно и могут быть поставлены близко к монтмориллонитовым, обладают явно пониженной емкостью катионного обмена.

Все отмеченное выше свидетельствует, что *в ряду стадийных фаз развития коры выветривания обязательно надо иметь в виду особую фазу, лежащую на переходе от собственно сиаллитной к аллитной коре выветривания со специфическим комплексом свойств, которые наиболее справедливо определить как выраженный комплекс глинных свойств.* Вполне уместным будет различать, помимо уже хорошо обоснованных кор выветривания (каменистая, обызвесткованная, сиаллитная и аллитная), еще и особую сиаллитно-глинную или просто глинную кору выветривания, ее можно именовать также аллофаново-монтмориллонитовой.

Но наша задача в данном случае более узкая: исследовать характерные черты превращений минеральной части только почв или почвенного слоя элювия. Мы не рассматривали коры выветривания во всей их толще, по мощности, послойной дифференциации и др.

Поэтому, подытоживая приведенное выше, мы полагаем возможным говорить о более частном явлении — об определенной цепи стадийных фаз минеральных превращений в почве, конечно, имея в виду при этом тесную связь этих фаз с развитием всей толщи коры выветривания.

Для завершенности исследования мы считаем необходимым остановиться еще на некоторых весьма важных явлениях в минеральных превращениях в почве.

По рис. 7 можно заметить, что, наряду с 3 рассматриваемыми группами почв с характерными значениями отношений Si/R, имеются почвы с очень большими значениями этого отношения.

Почвы с особенно большими значениями Si/R (более 11—15) весьма обычны среди подзолистых. Причем это далеко не всегда только подзолы на песках, но и глубоко оподзоленные почвы с мощным и выраженным гор. A_2.

Характерно, что среди рассматриваемой группы отношение Al_2O_3:Fe_2O_3 почвы имеют большей частью до 8—9 и редко выше этого предела (когда вынос железа по сравнению с алюминием очень высок). Напрашивается вывод, что в рассматриваемой группе почв имеют место случаи очень глубокого разрушения силикатных минералов со значительным выносом всех продуктов распада, включая и Al_2O_3 и Fe_2O_3, до стадии остаточного кварца.

Эту форму минеральных преобразований можно было бы определить как сиаллитное опесчанивание. О ней нам уже приходилось писать ранее (Волобуев, 1956, 1963).

Относительно первой группы почв (рис. 7) мы отметили выше, что после характерного интервала значений $Si/R<3,5$ имеется также некоторая часть почв с более высокими отношениями Si/R—3,5—5,5—15 и более. Особенностью этой части почв, как следует из имевшихся в нашем распоряжении аналитических данных, является увеличение одновременно с возрастанием отношения Si/R и отношения Al_2O_3:Fe_2O_3, т. е. наряду с накоплением SiO_2 происходит и повышение доли Al_2O_3. Нередки случаи с отношением Al_2O_3:Fe_2O_3 выше 8—9. Более непосредственное знакомство с имеющимися аналитическими данными по такого рода почвам обнаруживает, наряду с накоплением остаточного кварца, обогащение почв Al_2O_3.

В качестве иллюстрации приведем данные (табл. 7) по одному из разрезов почв Берега Слоновой Кости (Leneuf, 1957). Они очень на-

Таблица 7

Пример аллитного опесчанивания почв Берега Слоновой Кости
(Leneuf, 1957, в %)

Показатели	Глубина, *см*				
	0—10	20—30	40—60	100—120	200—220
Механический состав					
>2,0 *мм*	0	13,4	16,9	1,4	0
Глина	13,5	15,0	35,2	54,2	50,2
Пыль	3,7	4,2	3,5	8,0	14,5
Тонкий песок	27,7	28,2	17,0	14,1	12,7
Грубый песок	49,4	51,0	38,9	18,3	16,4
Кварц+нерастворимые вещества	—	87,17	58,54	30,77	27,54
SiO_2 комбинационная	—	5,85	15,72	26,92	29,61
Al_2O_3	—	5,07	13,93	23,27	24,77
Fe_2O_3	—	1,57	4,76	7,75	6,63
SiO_2/R_2O_3	—	25,82	7,20	3,48	3,35
Al_2O_3/Fe_2O_3	—	5,00	4,57	4,75	5,95
pH	6,3	6,4	6,1	5,6	—

глядно показывают явление опесчанивания верхней толщи почв и накопление глинозема в более глубоких слоях.

Вообще заметим, что процесс опесчанивания почв — распространенное явление во влажных тропических областях. Однако роль его в тропическом почвообразовании освещена совершенно недостаточно. Между тем в литературе подобные почвы отмечались. Так, П. Ричардс в 1941 г. обратил внимание на широкое распространение «выщелоченных песков» в области дождевого леса и позже особо останавливается на такого рода образованиях (Ричардс, 1961). Ф. Харди (Hardy, 1942) показал на почвенной карте Южной Америки выщелоченные земли («leached earth»), называя их также подзолами. Подобные почвы имеются и в Китае (о. Хайнань, личное сообщение П. С. Панина). Автор наблюдал их в Гане (Волобуев, 1964).

Из рис. 7 усматривается также, что среди почв глинной фазы (б) есть некоторая часть с гораздо более высокими значениями Si/R (более 8). В исходных источниках эти почвы большей частью фигурировали как желтоземы оподзоленные, бурые оподзоленные. Мы склонны видеть в них также проявление некоторого опесчанивания, но в данном случае оно выражено в гораздо более слабой степени, чем среди рассмотренных выше групп почв.

Все отмеченное относительно опесчаненных почв указывает на необходимость считаться с достаточно широким распространением почв, обогащенных остаточным кварцем, и в связи с этим следует различать в ряду минеральных преобразований в почвах особую фазу, которую наиболее оправданно называть фазой опесчанивания.

Таким образом, весь произведенный выше разбор аналитических и других данных приводит к заключению, что в процессах развития почв надо различать следующие фазы минеральных преобразований: каменисто-песчаную, обызвесткованную, сиаллитную, глинную, ферраллитную, опесчаненную. Они стадийно связаны между собой. Однако их стадийная смена не однолинейна. Это надо тем более оговорить, что в нашем исследовании широко использована одна координата: отношение Si/R. Между тем стадийные смены гораздо сложнее и здесь возможно несколько путей. Достаточно напомнить, что материнские породы по отношению в них Si/R лежат в пределах 3,4 (основные) — 6,9 (кислые), тогда как в почвах эти отношения намного шире. Очевидно, один из пу-

Таблица 8

Основные показатели фаз минеральных преобразований в почве

Фазы	Si/R	Содержание частиц <0,001 *мм*, %	Емкость поглощения, *мг-экв* на 100 *г* почвы	Характерные минералы илистой части почв*
Сиаллитная (насыщенная и ненасыщенная)	5,5—11,0	5—35	5—30	Гидрослюды (5), монтмориллонит (4), в примесях: аллофан (1), каолинит (1), гетит (1), кварц (1)
Глинная	3,5—5,5	20—55	20—50	Монтмориллонит (5), гидрослюды (2), возможно, в смешаннослойных сростках с монтмориллонитом, аллофаны (3), каолинит (2), гетит (2), гиббсит (1), галлуазит (1)
Ферраллитная	1,0—3,5	35—70	5—15	Каолинит (5), гетит (5), гиббсит (3), галлуазит (3), аллофан (1)
Опесчаненная	>11,0	<10	<10	Кварц, кварц и каолинит

* Цифры в скобках — примерная оценка обилия минералов в баллах (по пятибалльной шкале).

тей преобразования материнских пород, характеризующийся последовательным расширением отношения Si/R, связан с постепенной потерей оснований и в дальнейшем с глубоким разрушением минералов материнских пород, достигая в конце концов стадии опесчанивания. Но возможен и другой путь, когда вслед за потерей известной части оснований некоторую подвижность приобретает и кремнезем, что сужает отношение, и лишь затем может наступить стадия глубокого разрушения глинных минералов или стадия «оподзоливания» на глинной основе. Глинная фаза может продвинуться и далее в сторону аллитизации, после чего в определенных условиях наступает и опесчанивание. Проявляется также и вторичная силификация. Но все это, понятно, только схема. Более подробный разбор путей минеральных преобразований здесь невозможен. Важно лишь подчеркнуть, что выделенные фазы минеральных преобразований могут быть своего рода качественными этапами, вехами в конкретном анализе истории формирования почв, в выяснении их генезиса.

В заключение полезно привести некоторые обобщенные характеристики рассмотренных выше фаз минеральных преобразований. Собственно, их особенности уже вполне ясны, но здесь делается попытка дать именно обобщенные показатели, которые отразили бы главные различия. В качестве характеристик взяты показатели, присущие большей части почв той или другой группы — примерно 2/3 общего числа учтенных разрезов по каждой группе (табл. 8).

ГЛАВА 7

СИСТЕМА ТИПОВ ПОЧВЕННЫХ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

После выяснения общих основ для подразделения почв по типам их органо-минеральных реакций можно перейти к непосредственному определению типов состава и поведения органо-минеральных систем почв.

Обработка и рассмотрение имеющихся данных по химическому составу гумуса почв разных типов, составу их минеральной части, так же как и других особенностей большого числа типов почв, привели автора к системе органо-минеральных реакций, приведенной в табл. 9. Поясним основания, принятые при ее создании.

Как видим, левая часть системы учитывает главным образом различия в составе органической части почв, а правая — в минеральной.

Первое общее подразделение почв по качественным формам гумуса имеет в виду различия в составе гумуса, связанные с основными типами окислительно-восстановительных условий — преимущественно окислительных и преимущественно восстановительных. В следующем подразделении приняты во внимание в основном соотношения гуминовых кислот и фульвокислот, частью — гуминов.

Расчленение почв преимущественно окислительного режима следует начать с выделения почв с равным гуматно-фульватным составом или с неспецифичным проявлением свойств гуминовых или фульвокислот в поведении почв. Понятно также выделение почв преимущественно гуматного (фульватно-гуматные) и преимущественно фульватного (гуматно-фульватные) состава.

Среди почв восстановительного режима будем различать почвы, гумус которых предварительно определим как редуктивный фульватно-гуматный и гуматно-фульватный, и затем грубогумусово-торфянистые почвы.

При подразделении по гумусо-солевому составу различаем почвы, 1) богатые гумусово-натриевыми солями, 2) богатые гумусово-магний-кальциевыми солями, 3) ненасыщенные щелочными и щелочноземельными катионами, частью со свободными гумусовыми кислотами (главным образом фульвокислотами), поведение которых в значительной мере определяется комплексными солями гумусовых кислот.

По этим двум главным характеристикам гумуса и надо искать пути диагностики типов органо-минеральных реакций.

В первом подразделении форм гумуса главным показателем является соотношение гуминовые кислоты : фульвокислоты, а во втором порядке подразделения — соотношение гумусовых фракций.

Хотя гумусовые ряды и выделены по обычно принимаемым призна-

Окислительно-восстановительное состояние органо-минеральных систем	Качественные виды гумуса		Фазы минеральных	
	Структурный состав гумуса	Гумусовые соли, насыщенность основаниями	Каменисто-песчаная	Обызвесткованная
Режим преимущественно окислительный	Фульватно-гуматный и гуматно-фульватный	Натриевонасыщенные	А. Примитивный	В. Щелочной
		Натрий-кальциевонасыщенные		—
	Гумино-гуматно-фульватный	Кальций-магниевонасыщенные		F. Аккумулятивный известковый
	Фульватно-гуматный	Кальций-магниевонасыщенные		J. Остаточно-известковый
		Ненасыщенные (насыщенные H – Al—Fe)		—
	Гуматно-фульватный	Кальций-магниевонасыщенные		—
		Ненасыщенные (насыщенные H—Al—Fe)		—
Сезонный или более длительный преимущественно восстановительный режим	Фульватно-гуматный и гуматно-фульватный редуктивный	Кальций-магниевонасыщенные	—	—
		Ненасыщенные (H—Al—Fe)	—	—
		Натриевонасыщенные и ненасыщенные	—	—
	Грубогумусово-торфянистый	Разнообразные		

кам — относительной доле отдельных групп и фракций гумуса, в рядах эти характеристики приняты в определенных сочетаниях. Выявление значимости этих сочетаний в жизни почв расширяет возможности дифференциации по важнейшим качествам.

Первые два подразделения гумусовых рядов связаны со своеобразной ролью натриевых солей гумусовых кислот. Для почв первого ряда характерна высокая дисперсность почвенной массы, ее повышенная гидрофильность, т. е. свойства, характерные для солонцового процесса. Но гумусово-натриевые соли, обладая известным агрессивным действием, усиливают разрушение решетки минералов, что сопровождается миграцией продуктов распада минеральной части по профилю почв. Возникает процесс «осолодения» на карбонатном фоне.

Гумино-гуматно-фульватный Ca-Mg-насыщенный ряд примечателен повышенным содержанием гуминов. И хотя природа последних не вполне ясна, однако в отношении их всегда указывается особо прочная связь гумусовых веществ с глинистой фракцией. Это качество придает черты особой устойчивости органо-минеральным комплексам ряда.

Следующие 2 ряда связаны с гумусом, в составе которого преобладают высокополимеризованные молекулы, т. е. относительно более

Таблица

реакций в процессах почвообразования

преобразований				
Сиаллитная	Глинная	Ферраллитная	Опесчаненная	Хлоридно-сульфатная
C. Сиаллитно-оглиненный щелочнодеградационный	H. ?	D. Феррсиаллитный щелочной	E. ?	
D. ?		I. ?	—	
K. Сиаллитный кальциевонасыщенный	L. Слитноглинный	M. ?	—	Э. Солончаковый
N. Сиаллитный кальциевовыщелоченный	O. ?	P. Феррсиаллитный ненасыщенный	—	
Q. ?	R. Глинный насыщенный	S. Ферраллитный насыщенный	—	
T. Сиаллитный ненасыщенный	U. Глинный ненасыщенный	V. Ферритный ненасыщенный	W. Гумусово-опесчаненный	
X. Сиаллитный насыщенный глеевый	Y. Глинный глеевый насыщенный	Ж. Аллитный насыщенный	—	Ш. Болотно-солончаковый
Z. Сиаллитный глеевый ненасыщенный	Г. Глинный глеевый ненасыщенный	Б. Аллитный ненасыщенный	Д. Глеевоопесчаненный	
Л. Сиаллитный глеево-щелочной	—	—	—	
П. Болотный				

устойчивые в отношении внешних воздействий. Последнее особенно характерно для первого из этих рядов, поскольку прочность органо-минеральных комплексов почв ряда будет обусловливаться не только гуматами, но и фульватами кальция.

Органо-минеральные комплексы второго из рядов уже будут заметно отличаться от первого. Ограниченность запасов в почве щелочноземельных оснований обусловит переход в ненасыщенное состояние прежде всего фульвокислот, которые приобретут заметную подвижность и некоторые агрессивные свойства. В связи с этим большая или меньшая часть фульвокислот переходит в Al-Fe-фульвокислоты. Но поскольку доля фульвокислот относительно низкая, они не становятся определяющими в ходе органо-минеральных реакций (Пономарева, 1964).

По-иному сочетаются групповой и фракционный составы гумуса в 2 рядах гуматно-фульватного гумуса. В случае повышенной роли Ca-Mg-солей специфическое значение фульвокислот ослабляется, хотя органо-минеральные комплексы при этом и не достигнут устойчивости, что обеспечивается при преобладающем наличии Ca-Mg-гуматов. Наряду с этим при значительной бедности органо-минеральных комплексов щелочноземельными катионами роль фульвокислот окажется ощутимой,

гораздо более значимой, чем в случае органо-минеральных комплексов фульватно-гуматного ненасыщенного состава (Пономарева, Рагим-заде, 1969).

Своеобразие органо-минеральных систем, сопряженных с преобладанием восстановительного режима, как отмечено выше, недостаточно изучено. Но в последние годы появляется все больше работ, посвященных изучению явлений в переувлажненных почвах. Есть основания полагать, что в этих условиях в составе гумуса преобладают вещества упрощенной структуры, в связи с чем особо возрастает роль подвижных компонентов органо-минеральных комплексов, даже в случае насыщенности их щелочноземельными основаниями. Понятно поэтому, что агрессивное действие фульвокислот становится особенно ощутимым

Полевыми экспериментальными работами С. П. Яркова (1961), И. С. Кауричева (1967), И. С. Кауричева и Е. М. Ноздруновой (1964) и других авторов выяснено, что явления поверхностного избыточного увлажнения благоприятствуют образованию и накоплению водорастворимых органических веществ, в составе которых заметно возрастает содержание веществ с кислотными свойствами. Явления анаэробиозиса сопровождаются «расшатыванием» устойчивых минеральных соединений почвы, в частности, переходом в более растворимые закисные и окисные формы соединений железа и марганца, а также накоплением подвижных форм алюминия. Создаются благоприятные условия для взаимодействия минеральных и органических компонентов и образования подвижных органо-минеральных соединений комплексной природы.

Некоторые существенные различия в поведении закисного (Fe^{++}) и окисного (Fe^{+++}) железа хорошо показывают графики (рис. 10), приведенные П. Сегаленом (Segalen, 1964).

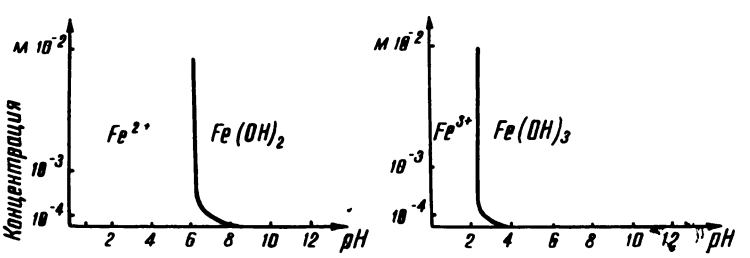


Рис. 10. Диаграммы осаждения ферро- (Fe^{++}) и ферри-(Fe^{+++}) гидроокисей из соответствующих ионных растворов (Segalen, 1964)

Наличие в составе органо-минеральных компонентов гумусово-натриевых солей облегчает развитие характерных явлений, присущих переувлажненным почвам, поскольку натриевые гумусовые соли также благоприятствуют разрушению минералов и подвижности веществ. Поэтому в почвах редуктивно-щелочного ряда характерные явления окислительно-восстановительной среды могут обнаружиться уже при относительно меньшей степени или длительности состояния переувлажнения.

Таковы характерные особенности, которые будут присущи почвам, обладающим гумусом разного группового и фракционного состава. Но это лишь наиболее общие различия. Значение того или другого состава гумуса и его солей, несомненно, проявится с чертами известного своеобразия в зависимости от того, с какого рода минеральной частью почвы они будут взаимодействовать. Значение минеральной части почв обнаружится в более ярком проявлении некоторых характерных особенностей гумусовых веществ определенного состава или, наоборот, в ослаблении их проявлений и усилении других. Возможно возникновение

и особо своеобразных взаимодействий между гумусовыми солями и вообще гумусом и минералами почвы, возникновение специфичных адсорбционных органо-минеральных комплексов. Вспомним судьбу фосфорных соединений в аллитизированных почвах тропиков, роль органо-минеральных пленок разного состава в структурообразовании и др.

В правой части таблицы учитываются особенности, обусловленные преимущественно качественными различиями в минеральной части почв.

Характер различий в минеральной части почв принимался во внимание и в некоторых из уже предлагавшихся классификаций почв. Так, К. К. Гедройц (1925) последовательно подразделил насыщенные почвы на насыщенные щелочноземельными основаниями и основаниями щелочными (солонцы), почвы ненасыщенные — на подзолистые и латеритные, т. е. по существу уже принял во внимание различия в минеральной части почв. Б. Б. Полыновым (1933) были введены в классификацию особенности коры выветривания, стадии ее развития. Д. Г. Виленский (1945), развивая свою классификацию почв на основе аналогичных рядов, также имел в виду различия в минеральной части почв. Тем не менее его классификационная таблица осталась все той же системой аналогичных рядов.

Начиная с первых своих предложений по классификации почв (Волобуев, 1956), автор принимал, что генетическая классификация обязательно должна учитывать фазы преобразования минеральной части почв в соответствии с идеями Б. Б. Полынова (1934) о развитии коры выветривания.

На одном из предыдущих этапов разработки классификации (Волобуев, 1964) с целью более полного выявления этого рода почвенно-генетической связи почвы, показанные на мировых и сводных почвенных картах отдельных материков, были сгруппированы по типам органического вещества, как это представлялось по совокупности данных о тех или других почвах. Затем почвы внутри этих групп были в предварительном порядке подразделены по сопряженности их с формами коры выветривания. Таким путем была выявлена действительная возможность сгруппировать почвы по составу органического вещества и сопряженности их с теми или другими формами коры выветривания.

Попытаемся выяснить наиболее характерные различия в поведении органо-минеральных комплексов, сопряженных с дисперсной частью почв разного минералогического состава.

Почвы, сопряженные с каменисто-песчаной фазой минеральных превращений, имеют ряд общих своеобразных черт, дающих основания выделить их в особый ряд примитивных почв. Уже одна сопряженность почв этого ряда с начальными фазами разрушения горных пород предопределяет пребывание почв на первых стадиях своего развития. Последнее обстоятельство обнаруживается в очень малой мощности почвенного профиля. Если почвы формируются на массивно-кристаллических породах, то нередко тонкий мелкоземистый и гумусированный слой располагается непосредственно на каменистом материале, почвы оказываются как бы «припаянными» (Захаров, 1927); вместе с тем они сильнокаменистые, скелетные с большим количеством обломков неразложившихся пород. Почвы с подобными чертами, формирующиеся на твердых неизвестковых породах, В. Кубиеной (Kubiena, 1953) выделены в особый тип «ранкер».

Отмеченные черты примитивных почв—каменистых и песчаных—обусловливают ряд других своеобразных особенностей. Они имеют, например, более контрастный термический режим, чем мелкоземистые почвы даже в суточном аспекте. В связи с этим, а также в силу обычной

рыхлости сложения, обусловливающей более свободный воздухообмен, в них более вероятно развитие внутрипочвенной конденсации влаги.

Мелкоземистая часть их в большой доле представлена органическими остатками, а в образовании ее минеральной части велика роль вторичных минералов, возникших за счет продуктов разложения остатков низшей и высшей растительности (Полынов, 1945; Ассинг, 1949; Глазовская, 1956).

Наличие отмеченных общих черт, служащих основанием к отнесению такого рода почв к примитивным, не исключает, однако, проявления в их свойствах различий и другого порядка. Прежде всего, в них весьма значимо сказывается характер минерального субстрата, его физической структуры (каменистые и песчаные) и химического состава (почвы на каменистых породах, бедных известью, и на известковистых породах). Далее, отмеченные выше особенности в характере мелкоземистой части являются предпосылкой возникновения и некоторых зональных черт своеобразия в примитивных почвах.

Таким образом, определение почв как примитивных не следует понимать в ограниченном смысле, как почвы с невыраженными признаками типа. Хотя это почвы и первых стадий почвообразования, при углубленном рассмотрении они обнаруживают и оригинальные черты, вызывающие необходимость достаточно дифференцированного подхода к ним.

Для почв обызвесткованной фазы, как следует из самого наименования, характерна обогащенность карбонатами щелочноземельных оснований. Обогащенность может быть остаточной природы (обызвесткованный ортоэлювий), вторичной аккумулятивной или, наконец, обусловлена карбонатным характером почвообразующей породы (разного рода известняки, мергели). Но, несмотря на разную природу высокой известковистости почвенной массы, именно обогащенность ее щелочноземельными карбонатами предопределяет возникновение в почвах фазы общих черт.

Избыток известковистости минерального материала вызывает миграцию в почвах насыщенных щелочноземельно-карбонатных растворов, выпадающих при упаривании и создающих явления известной цементации почвенной массы. В одних случаях это цементация лессового типа, устойчивая лишь в сухом состоянии, в других — цементация, обусловливающая жесткое сложение черноземов («попелухи»). Но с этой же цементирующей ролью карбонатов связана и выраженная микроагрегированность почвенной массы даже при пониженном содержании основного структурообразователя — гумуса, что уже является агрономически весьма важным признаком.

Обызвесткованность почв в определенных случаях сказывается и на характере распределения гумуса в них. Гумусовые агрегаты оказываются рассеянными в минеральной массе почвы.

Но, по-видимому, в почвах обызвесткованной фазы и химизм гумуса приобретает особые качества. В них оказывается относительно пониженной доля гуминовых кислот и повышенной — фульвокислот. Повышено в них и содержание прочносвязанных веществ, относимых к гуминам. Эти особенности состава гумуса хорошо обнаруживаются, например, в случае сероземов.

Следовательно, избыток углекальциевых солей сам по себе еще не предопределяет образования высокомолекулярных форм гумуса.

Отмеченные характерные черты почв обызвесткованной фазы свидетельствует о действительном наличии в них общих качеств своеобразия.

Следующая фаза минеральных преобразований — сиаллитная —

является более продвинувшейся стадией в развитии минеральной части почв.

Если мы примем во внимание то обстоятельство, что один из важных признаков развития процесса выветривания есть все большее раздробление горных пород, все большее повышение дисперсности рухляка, то вполне естественным будет принять в качестве существенной особенности почв сиаллитной фазы весьма значимую роль тонкодисперсной части почв. Многие свойства почв оказываются теснейшим образом связанными с обменными реакциями, с состоянием поглощающего комплекса, с составом поглощенных оснований. Однако содержание наиболее тонкодисперсной фракции еще не сказывается на существенном понижении внутреннего дренажа. Почвы в массе оказываются достаточно проницаемыми.

В конкретном проявлении роли обменных реакций обнаруживается другая общая особенность почв сиаллитной фазы, связанная со следующим этапом выщелоченности почвообразующей породы. Почвы зачастую выщелочены от свободных углекальциевых солей, и в них развивается уже процесс более глубокого выщелачивания оснований из алюмосиликатов почвообразующей породы, вплоть до их полного удаления.

В минеральной части почв в большинстве случаев много разложившихся остатков первичных минералов материнских пород. Преобладающими новообразованными минералами оказываются гидрослюды и в подчиненных количествах — монтмориллонит, каолинит, аморфные вещества. Но в крайних случаях выветривания возможно появление остаточного кварца. Почвы сиаллитной фазы в своей совокупности представляют весь ряд: от богатых минеральным резервом до почти полностью лишенных его.

Именно с этим связаны изменения в состоянии поглощающего комплекса в составе поглощенных оснований, вносящие в ход почвенных процессов коренные изменения. В почвах сиаллитного ряда наиболее ярко проявляются особенности, обусловленные характером иона, доминирующего в поглощающем комплексе (кальция, натрия или водорода).

В связи с этими же особенностями баланса минеральных веществ в почве приобретает важную роль состояние ее гумусовых веществ. Глубокие различия в почвах возникают в связи с тем, что в них оказываются преобладающими кальциевые, натриевые соли или свободные гумусовые кислоты. Именно на примере типов почв сиаллитного ряда установлены главные особенности почв, насыщенных кальцием (черноземы), натрием (солонцы) и ненасыщенных (подзолистые).

При дальнейшем развитии процесса выветривания вслед за сиаллитной наступает глинная фаза минеральных преобразований. Минеральная часть оказывается в меньшей мере представленной остатками значительно выветрелых первичных минералов, потерявших большую часть минерального резерва, и в преобладающей доле сложенной вторично возникшими минералами, преимущественно группы монтмориллонита и аллофаноидами.

В условиях, благоприятствующих проявлению **этой глинной фазы,** почвенная масса оказывается весьма обогащенной глинными минералами, что придает почвам, сопряженным с глинной фазой минеральных преобразований, совершенно своеобразные черты: почвы оказываются особо глинистыми и высокогидрофильными.

Высокая глинистость почвенной массы прежде всего понижает внутреннюю дренированность почвы и способствует возникновению во

влажные сезоны года явлений временного переувлажнения, а также ослабляет выщелачивающий эффект атмосферных осадков.

Для почв этого ряда характерны повышенная емкость поглощения и преобладающая роль особых гумусово-глинных комплексов.

Понижение внутреннего дренажа вместе с повышенной емкостью поглощения — обстоятельства, предотвращающие значительное развитие выщелачивания почв и обеднение их основаниями. Характерно относительное преобладание типов почв, насыщенных основаниями.

Далее, у некоторых типов этих почв высокая глинистость в сочетании с большой гидрофильностью обусловливает их резко различное состояние в условиях контрастного режима увлажнения. При увлажнении они способны поглотить значительные количества воды и сильно при этом набухать, а при высыхании почвенная масса сжимается и глубоко растрескивается. Трещины приводят к иссушению почвы на большую глубину; вместе с этим в возникшие трещины обрушиваются массы, слагающие верхние горизонты почв. Многократное повторение этого процесса ведет к перемешиванию отдельных слоев и почва оказывается с профилем без выраженного гор. В, а гор. А становится особенно мощным и непосредственно переходит в гор. С.

Для следующей фазы минеральных преобразований характерно разрушение первичных минералов почвообразующих пород до простых окислов, среди вторичных минералов также уже нет минералов с 2 : 1 слойными структурами, столь характерных для предыдущей глинной фазы. Определяющим для этого ряда почв будут свойства и поведение свободных окислов железа, алюминия, кремния, каолинита.

Наличие большого количества свободных полуторaокисей резко сказывается на обменных реакциях в почвах ряда, придает им состояние хорошей агрегированности, обусловливает образование специфических органо-металлических соединений.

Для состояния гидроокислов железа и алюминия, а также кремнезема, являющихся остаточными продуктами крайнего разрушения первичных минералов, определяющими будут реакции среды и окислительно-восстановительные условия. В меньшей мере они влияют на поведение кремния. Соединения кремния, освобождающиеся в реакциях выветривания, наиболее подвижны в щелочном интервале pH. Но они заметно подвижны и в условиях нейтральной и кислой среды (Correns, 1949; Яковлева, 1958). Относительно устойчив остаточный кварц. В миграционных явлениях кремнезема допускается большая роль защитного (стабилизующего) действия гумусовых веществ. Гидроокиси алюминия приобретают наибольшую подвижность в существенно кислой среде (pH менее 4,5; Correns, 1949).

Совершенно своеобразно поведение железа, миграционная способность которого находится в наибольшей зависимости от окислительно-восстановительных условий среды: железо весьма лабильно в восстановительных условиях и обладает минимальной подвижностью в условиях хорошей аэрации.

Все отмечаемые черты почв, сопряженные с ферраллитной минеральной фазой, наибольшее выражение получают, конечно, при значительной продвинутости этой фазы, когда большая часть минеральной массы почвы представлена продуктами крайне глубокого выветривания исходных пород: гидроокислами железа, алюминия, кремнеземом, остаточным кварцем. Но в связи с тем, что участие названных веществ обусловливает совершенно особый характер почвенных реакций, проявление их роли может стать заметным уже даже на начальных этапах развития ферраллитной фазы в связи с явлением образования на поверхности почвенных частиц пленок полуторaокисей.

Здесь следует напомнить о представлениях А. Ф. Тюлина (1958) относительно особой роли образования на поверхности почвенных частиц пленок, богатых полуторными окислами (II группы). Об обволакивании почвенных частиц полуторакисями писал Рейфенберг (Reifenberg, 1947). В. Кубиена (Kubiena, 1956) различал латеритизацию как процесс, связанный с глубоким разрушением минералов и возможностью оживленной миграции железа в почве, и рубификацию (покраснение) почв, связанную с выпадением на поверхности почвенных частиц минералов железа. В качестве еще более слабой степени рубификации Е. В. Лобова (1956) выделила явление отложения железа на поверхности частиц в почвах бореального пояса пустынь.

Д. Кларк (Clark, 1964) на примере двух почв экспериментально показал значительное увеличение емкости обмена после удаления из них свободных окислов железа и алюминия.

В связи со всем этим можно говорить о явлении «блокирования» полуторакисями основной части почвенной массы. Несомненно, появление на поверхности почвенных частиц пленок гидратов полуторакисей должно резко сказаться на характерных реакциях почвенной динамики, даже если бы основная масса почвы оставалась другого состава (не ферраллитного).

В аспекте представлений о роли блокирующих пленок гидратов полуторакисей становится более ясной природа почв саванн, выделяемых французскими почвоведами под наименованием «феррсиаллитные». При относительно слабой выветрелости основной части минеральной массы свойства почвы обнаруживают явно аллитные признаки: более или менее яркую красную окраску, пониженную емкость поглощения и т. д., что надо отнести именно за счет пленок полуторакисей, облекающих почвенные частицы.

Таким образом, ферраллитную стадию минеральных преобразований надо рассматривать как вначале выраженную лишь в поверхностных слоях почвенных частиц, а затем все более глубоко охватывающую всю почвенную массу. Такое последовательное развитие процесса минеральных преобразований, очевидно, есть общая закономерность в процессах выветривания. Но на других, более ранних, стадиях выветривания это послойное развитие процесса не привлекало особого внимания по той причине, что свойства новообразованных минералов не столь резко отличались от исходной минеральной массы, как в случае появления пленок полуторакисей.

Вот поэтому почвенные качества, присущие ферраллитной фазе минеральных преобразований, могут оказаться значимыми даже в тех случаях, когда преобладающая часть минералов почвы еще не затронута выветриванием в столь же глубокой мере. По-видимому, этим явлением могут быть объяснены расхождения между «ферраллитными» свойствами почв и их далеко еще «не ферраллитными» данными валового анализа. Для разъяснения подобных случаев, надо полагать, будет особенно полезным сопоставление химического состава фракций и всей минеральной части почв (например, по J. Barshad, 1955).

Перейдем далее к наиболее далеко продвинувшейся фазе минеральных преобразований — к опесчаниванию.

На сиаллитной, глинной и ферраллитной фазах наибольшему выщелачиванию подвергались щелочные и щелочноземельные элементы. Полуторакиси и кремнезем в большинстве случаев оставались достаточно устойчивыми, и лишь в совершенно особых случаях железо и алюминий приобретали повышенную подвижность — именно соотношение их определяло характерные черты почв. Но среди почв, притом существенно разных биоклиматических зон, имеются такие, для которых наиболее

характерно уже преобладающее наличие кремнезема как следствие утраты большей части или даже полностью железа и алюминия. Если учесть, что силикатный кремнезем также заметно подвижен, то кремнезем в рассматриваемом случае оказывается представленным главным образом остаточным кварцем. По-видимому, лишь в особых условиях следует допустить возможность накопления вторичного кварца.

Эта далеко продвинувшаяся и имеющая ясные минералогические признаки фаза минеральных преобразований может возникнуть несколько различными путями.

Широко распространенный пример опесчанивания почв имеем в случае разрушения минерального резерва под действием агрессивных гумусовых кислот. Некоторая роль должна быть отведена и возможным здесь явлениям периодического переувлажнения. Этот процесс опесчанивания может развиваться непосредственно на сиаллитной основе. С ним мы связываем образование подзолов.

Другим путем опесчанивания, развивающимся в условиях влажнотропических климатов, является постепенная утрата алюминия (железо было вынесено на более ранних стадиях). Так возникают опесчаненные аллиты.

Наконец, также во влажнотропических условиях, но в явно восстановительной среде и с участием большого количества органики возможно глубокое разрушение первичных минералов с накоплением остаточного кварца. По-видимому, именно при участии этого вида опесчанивания формируются, например, «подзолы» прибрежных областей влажных тропиков. Однако, хотя в генезисе этих почв и есть нечто общее с признаками подзолов бореальных областей, они существенно отличаются от последних по роли гумусовых кислот в их образовании.

Почвы этой фазы минеральных преобразований имеют грубый механический состав, они рыхлые, бесструктурные, но хорошо проницаемые, а потому и сильновыщелоченные, с низкой реактивной способностью и ничтожным содержанием питательных веществ.

В системе основных различий в составе минеральной части почв надо иметь в виду еще случай обогащенности почвенной массы солями хлоридно-сульфатного состава. Своеобразное физиологическое действие этих солей вносит в течение процессов почвообразования совершенно особые черты, обусловливая существование разного рода солончаков.

Рассмотренные выше различия в свойствах почв, сопряженные с разными фазами минеральных преобразований, столь значительны и специфичны, что они проявляются даже в условиях больших различий в составе гумусовых веществ. Наряду с этим характер минеральной части будет существенным образом сказываться на составе солей гумусовых кислот, как и на образовании органо-глинных комплексов.

Поэтому, понятно, сочетание в процессе почвообразования гумусовых кислот определенного состава с минеральной частью разных фаз будет обусловливать особое течение процесса. В основе различий будут лежать характерные реакции, определяемые нами как органо-минеральные реакции определенных типов.

Характер возможных типов органо-минеральных реакций в известной мере может быть выявлен из простого сопоставления форм гумусовых веществ с составом минеральной части. Но, несомненно, более богатое представление о типах будет получено из учета свойств конкретных видов почв, генезис которых следует связать с того или другого типа органо-минеральной реакцией. Сочетанием обоих путей в попытке объяснения типов органо-минеральных реакций и была получена табл. 9. Однако известные ныне почвы далеко не равномерно распределяются по подразделениям таблицы. С рядом подразделений почвы могут

быть сопоставлены только предположительно, некоторые же вообще немыслимы, поскольку отдельные сочетания органической и минеральной частей взаимоисключающи.

Вместе со всем этим совокупный учет полезных для наших целей взглядов и данных позволяет и более полно представить характерные особенности отдельных типов органо-минеральных реакций. Используя данные из работ И. В. Тюрина, А. Ф. Тюлина, Л. А. Александровой, М. М. Кононовой, В. В. Пономаревой, С. П. Яркова, И. С. Кауричева и Е. М. Ноздруновой и других авторов, учитывая описанный выше общий характер различий в составе органической и минеральной частей органо-минеральных комплексов, а также свойства почв, предварительно отнесенных нами к тому или другому типу органо-минеральных реакций, мы смогли дать краткую характеристику основных типов органо-минеральных реакций, представленную в табл. 10.

Прежде всего учитывается структурный состав гумуса (соотношение гуминовых кислот, фульвокислот, гуминов), состав минеральной части (в ее основной группировке по фазам минеральных преобразований), характер поглощающего комплекса по его обменной способности и насыщенности основаниями, наконец, щелочно-кислотные (pH) и окислительно-восстановительные условия (Eh) протекания реакций. Все эти признаки могут в последующем, при более конкретном учете, послужить основой для диагностики типов органо-минеральных реакций.

Далее мы указываем характерные формы и состояния органо-минеральных комплексов (ОМК), из которых уже можно составить некоторое представление о специфическом поведении ОМК в реакциях почвообразования. Следующим шагом в раскрытии этих реакций будет дифференцированное рассмотрение возможного состава более прочной и менее подвижной части ОМК, затем подвижных фракций ОМК, а также вероятного характера воздействия на ОМК их подвижных фракций. Наконец, учитываются вторичные продукты, аккумулируемые в нижних горизонтах почв.

Чтобы содержание табл. 10 стало более ясным, остановимся несколько подробнее на некоторых примерах характеристик типовых черт органо-минеральных реакций.

Для начала возьмем сиаллитный кальциево-насыщенный и сиаллитный ненасыщенный типы органо-минеральных реакций и примем при этом во внимание идеи К. К. Гедройца, И. В. Тюрина, работы М. М. Кононовой, В. В. Пономаревой, Е. А. Афанасьевой и др.

Можно сказать, что когда почвообразование протекает в условиях хорошей аэрации и нейтральной или слабощелочной реакции и ведет к преобладающему накоплению гуматов и фульватов кальция, сочетающихся с сиаллитной фазой минеральных преобразований, для почвы будут характерны дегидратированные гумусовые вещества и комплексные алюмо-железо-гумусовые соединения, а также устойчивые органо-глинные комплексы. Все эти вещества являются хорошими структурообразователями. В этом отношении особенно важна роль гуматов кальция и органо-глинистых комплексов, представляющих собой наиболее прочную и малоподвижную часть ОМК и закрепляющихся поэтому в верхних горизонтах почвы. Фульваты же кальция, хотя они относительно малоподвижны, все же постепенно смещаются в более глубокие горизонты, где частью разлагаются химически или становятся пищей микроорганизмов, а их кальций освобождается и обусловливает образование карбонатно-кальциевого горизонта в наиболее глубокой части почвенного профиля. Фульваты кальция агрессивными качествами не обладают и при своем перемещении на минеральную часть почвы не воздействуют.

Таблица 10

Краткая характеристика некоторых из основных типов почвенных органо-минеральных реакций

Тип органо-минеральных реакций	Характерный состав		Поглощающий комплекс		Среда		Характерные формы и состояния ОМК	Основные продукты органо-минеральных реакций			
	Органическая часть	Минеральная часть	Емкость поглощения	Характерные поглощенные элементы	pH	Eh		Прочные, малоподвижные фракции ОМК	Подвижные фракции ОМК	Характер воздействия подвижных фракций ОМК	Вторично аккумулируемые продукты
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Примитивный	Фульватная	Каменисто-песчаная	Очень малая	Нет	Разная	Окислительная	Прямые взаимодействия между растительными компонентами и минеральной частью Гуминовые кислоты упрощенной структуры, образуют с минеральной частью легкорастворимые соединения	Прочносвязанные гуминовые кислоты составляют незначительную часть	Гуминовые кислоты упрощенной структуры	Подвижные гумусовые кислоты оказывают интенсивное разрушительное действие на минеральные вещества почвы	Накопление вторичных глинных минералов
Аккумулятивноизвестковый	Гумино-гуматно-фульватная	Обызвествованная	Невысокая	Ca	Слабощелочная	Окислительная	Гумусовые вещества рассеяны среди минеральной массы и образуют с последней органо-глинно-углекальциевые комплексы (при значительном участии полуторакисей)	Гуматно-глинно-кальциевые комплексы	Хлориды и сульфаты Na, Ca, углекальциевые соли	Некоторое повышение подвижности гумуса (фульватов)	Обызвествование
Сстаточно-известковый	Гумино-гуматная	Разнообразная	Повышенная	Ca	Умеренно-щелочная	Окислительная	По-видимому, особые гуматно-углекальциевые	Гуматно-углекальциевые комплексы	?	?	?
Сиаллитный кальциевонасыщенный	Фульватно-гуматная	Сиаллитная	Повышенная	Ca	Нейтральная или слабощелочная	Окислительная	Дегидратированные гуматы и фульваты Ca и комплексные алюмо- и железогумусовые соединения, а также устойчивые органо-глинные комплексы	Гуматы кальция, органо-глинные комплексы	Фульваты кальция	Агрессивное действие отсутствует	Накопление вторичных карбонатов кальция
Слитно-глинный	Фульватно-гуматная	Глинная	Повышенная	Ca, Mg	Нейтральная или слабощелочная		Особые гумусово-глинные (гумусово-монтмориллонитовые) высокогидрофильные комплексы	Гумино-кальциево-глинные комплексы	?	?	То же
Щелочной	Гуматно-фульватная	Сиаллитная	Повышенная	Na	Щелочная	Окислительная	Натриевые гуматы и фульваты, а также гидратированные алюмо- и железо-гуминовые натриевонасыщенные гели, легкопептизируемые и подвижные	Гуматы натрия, алюмо- и железогумусовые соединения	Фульваты натрия	Усиление подвижности ОМК, повышение гидрофильности	Накопление фульвата натрия а также илистых частиц, защищенных им

Продолжение табл. 1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	11	12
Феррсиаллитный щелочной	Фульватно-гуматная	Ферраллитная—сиаллитная	?	Ca, Na	Щелочная	Окислительная	Щелочные комплексы упрощенных форм гумуса с окислами кремния, железа и алюминия	Обезвоженные органо-силикатные соединения	Щелочные органо-силикатные соединения	Защитное действие в отношении вторичных глинных минералов	Накопление щелочных силикатных солей
Сиаллитно-оглиненный щелочнодеградационный	Гуматно-фульватная	Опесчаненная	Пониженная	Ca, Na	Щелочная	Окислительная	Преобладающее значение алюмо- и железогуминовых натриевонасыщенных геллей, подвергающихся процессу утраты гумуса и гидролизу	Гуматы кальция, остаточный кварц	Золи полуторокисей, фульваты и грил	Образование плено полуторакисей	Оглинивание, цементация
Сиаллитный ненасыщенный	Гуматно-фульватная	Сиаллитная	Пониженная	H	Кисл я	Перемен на	Двухкомпонентный состав органического вещества гуминовые кислоты, выпадающие в осадок с основаниями (также Fe), подвижные ненасыщенные растворы фульвокислот, органическое вещество находится в активном взаимодействии с минеральными коллоидами	Гуминовые кислоты, осажденные с основаниями и Fe	Сильноподкисленные фульваты	Агрессивное действие на минералы и повышение подвижности тонких фракций	Накопление фульватно-железистых (и алюмо-) масс
Сиаллитный насыщенный глеевый	Гуматно-фульватная редуктивная	Сиаллитная	Разная	—	Слабощелочная, нейтральная, слабокислая	Восстановительная	Ферро-органические комплексы (по-видимому, фульваты в соединении с двухвалентным железом)	Обволакивание железом более прочные фр. ОМК	Феррофульваты	?	Ожелезнение за счет окисления подвижных органо-железистых комплексов
Глинный насыщенный	Гуматно-фульватная	Глинная	Повышенная	Ca, Mg	Нейтральная, слабощелочная	Окислительная	Определяющее значение имеют вторичные лиофильные глинистые минералы, сохранившие в поглощающем комплексе большую часть оснований продуктов выветривания	Более грубые и менее пептизированные фр. глин	Наиболее тонкие пептизированные фр. глин	?	Накопление более тонких глинистых фракций

Окончание табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Глинно-глеевый насыщенный	Гуматно-фульватная редуктивная	Глинная	Повышенная	Ca, Mg	Нейтральная слабощелочная	Переменная	Глубокий гидролиз глинистых монтмориллонитовых и иллитовых минералов при участии восстановительных форм гумуса	Гуматы, ассоциированные с каолинизированными продуктами гидролиза	Ферро- и кремнийфульваты	Защитное действие на глинистые фракции	Накопление железисто-глинистых масс
Ферритный	Гуматно-фульватная	Ферраллитная	Низкая	H, Al	Кислая	Окислительная	Комплексы упрощенных форм гумуса с окислами кремния, железа и алюминия при повышенной подвижности кремния и алюминия	Остаточный кварц и в разной мере обезвоженные гидраты железа	Гидраты кремния, алюмо-кремниевые метабильные комплексы	Стабилизирующее действие геля кремния на алюмо-кремниевые комплексы	Каолиновое и кремний-каолиновое вторичное оглинивание, ресиликация
Аллитный	Гуматно-фульватная редуктивная	Ферраллитная	Низкая	H, Al	Кислая	Переменная	Комплексы упрощенных форм гумуса с окислами кремния, железа и алюминия при повышенной подвижности кремнезема и железа	Остаточный кварц и в разной мере обезвоженные гидраты алюминия	Кремнежелезистые и органо-железистые комплексы	Стабилизирующее действие геля кремния и гели гидратов железа	Кремнеалюможелезистые массы (пятнистая глина), железистые конкреции
Гумусово-опесчаненный	Гуматно-фульватная	Опесчаненная	Крайне низкая	H, Al	Кислая	Переменная	Все продукты выветривания представлены простейшими формами (окислы), образующими с гумусовыми веществами особо подвижные комплексы	Остаточный кварц	Особо подвижные ОМК разного состава		Цементированные кремнеалюможелезистые массы

Все эти органо-минеральные процессы хорошо объясняют характерные черты профиля степных почв (черноземы, каштановые).

В качестве примера с совершенно иным соотношением в органо-минеральных реакциях возьмем их сиаллитный ненасыщенный тип. Он будет относиться к тем случаям, когда процесс почвообразования ведет к накоплению в почве органического вещества двухкомпонентного состава: гуминовых кислот, связанных с кальцием и частью с железом, и подвижных ненасыщенных фульвокислот. Гуматы кальция и железа выпадают и закрепляются в верхних горизонтах почвы, а ненасыщенные фульвокислоты, как и фульваты железа, мигрируют вниз по профилю. Фульваты, разлагаясь, дают начало горизонту осаждения железа. Агрессивное действие их на минералы ведет также к появлению в почве тонких продуктов разрушения минералов, тоже мигрирующих по профилю.

В итоге этой совокупности органо-минеральных реакций формируются, в частности, почвы такого генетического типа, как дерново-подзолистые.

Весьма своеобразно течение органо-минеральных реакций, которые обусловливают формирование характерных генетических типов влажнотропических областей, сопряженных с ферраллитной корой выветривания. В отношении их происхождения в литературе высказан ряд представлений, в которых, однако, много неясного и противоречивого. Между тем подход к ним в свете концепции об органо-минеральных реакциях может объяснить их генезис вполне удовлетворительно.

Рассмотрим в связи с этим 2 типа органо-минеральных реакций, сопряженных с ферраллитной минеральной фазой, но один из них протекает в устойчиво окислительной среде — ферритный ненасыщенный, а другой, наоборот, — при преобладающем восстановительном режиме — аллитный тип.

Известно, что до самого недавнего времени при объяснении генезиса «латеритизированных красноземов» влажных тропиков наиболее широко использовалось представление Гаррасовица (Harrassowitz, 1930), объяснявшего обогащенность верхних горизонтов этих почв железистыми соединениями за счет капиллярного выноса их из нижних горизонтов, из так называемой «зоны разложения». Распространение подобных почв связывали с переменно-влажным, муссонным климатом, при котором можно было бы допустить состояние значительного иссушения верхних горизонтов. В таком плане высказался, например, П. Фагелер (1935). При этом отмечалось, что режим увлажнения почв все-таки был промывным и, значит, продукты почвообразования должны были передвигаться преимущественно вниз по профилю.

Концепция о типах органо-минеральных реакций самым удовлетворительным образом может объяснять генезис богатых железом почв. При далеко продвинувшейся стадии минеральных преобразований главными минеральными компонентами становятся минералы окислов железа, глинозема и кремнезема и в почве существуют комплексы указанных окислов с упрощенными формами гумуса, поскольку разложения растительных остатков происходит энергично и глубоко.

Для состояния и поведения ОМК этого рода на первое место выдвигаются щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия.

Кремнезем под защитой гумусовых веществ и при участии щелочей — продуктов распада растительной массы — довольно свободно мигрирует в глубь почвенного профиля. Наличие в почве значительных количеств полуторакисей обусловливает высокую агрегированность ее массы и большую проницаемость. Поэтому даже при относительно высоком

увлажнении для почвы будет характерно состояние хорошей аэрированности и господство окислительного режима. Гидраты же окислов железа будут переходить во все менее гидратированные формы и прочно закрепляться в почве.

Совершенно иным в этих условиях должно стать поведение глинозема. Достаточно длительное повышенное увлажнение будет вести к установлению в почве довольно низких значений pH. При снижении pH до 4—5 глинозем оказывается заметно подвижным и начинается миграция его в более глубокие слои. Возможно, что миграция протекает также и в форме алюмокремниевых мутабильных комплексов. При контакте мигрирующих глиноземистых продуктов с ранее накопившимися в нижних горизонтах почвы гелями кремнезема создаются предпосылки для реакций ресиликации глинозема, что и объясняет довольно обычное наличие «каолинизированных» горизонтов в глубоких слоях «латеритизированных красноземов».

Совершенно иными путями развиваются органо-минеральные реакции аллитного типа, когда ферраллитная основа оказывается в условиях преобладания переувлажнения и в связи с этим господства в почве восстановительной среды. Здесь также ОМК представлены соединениями упрощенных форм гумуса с окислами кремния, алюминия и железа, но последнее находится уже в форме подвижных гумусово-железистых соединений и свободно мигрирует в глубь почвенного профиля, а в некоторой части и за его пределы с боковыми токами почвенных растворов. При этом и мигрирующий кремнезем может оказаться более активным стабилизатором для закисного железа.

При таком типе органо-минеральных реакций в верхних горизонтах почв происходит накопление остаточного кварца и в разной степени обезвоженных гидратов алюминия. Кремнежелезистые и гумусово-железистые соединения, мигрируя вниз по профилю и по уклону местности, обусловливают появление вначале характерных образований в виде так называемых «пятнистых глин» с отдельными железистыми конкрециями, переходящими в дальнейшем, по мере накопления железистых соединений, в слои, в значительной части представленные гидроокислами железа.

Как видим, рассмотренный тип органо-минеральных реакций приводит к образованию весьма распространенных в особо влажных областях тропиков собственно аллитов («желтые тропические почвы») с характерными железистыми скоплениями — латеритами («грунтово-водные латериты»).

В связи с приведенными примерами органо-минеральных реакций отметим сделанное на основе экспериментального изучения выветривания образцов горных пород заключение Энайна и Педро (Henin, Pedro, 1965) о том, что процесс ферраллитизации в сущности — процесс физико-химический и протекает медленно, тогда как в процессе подзолизации доминирующим фактором являются кислые химические вещества биологической природы и процесс этот быстрый.

Полагаю, что рассмотренные 4 примера типов органо-минеральных реакций хорошо показали, что определенного состава комплексы органических и минеральных веществ предопределяют развитие цепи реакций с характерными поведением и дифференциацией веществ на путях миграции почвенных растворов и в итоге — возникновение определенной последовательности в изменении почвенной массы по вертикали, т. е. формирование почвенного профиля с вполне закономерной последовательностью горизонтов.

Под влиянием факторов биоклиматического режима общая мощность почвенного профиля и относительная выраженность отдельных

горизонтов будут в известной мере видоизменяться, создавая различия, воспринимаемые нами как возникновение почв некоторого генетического типа. Следовательно, допускается, что с определенным характером органо-минеральной реакции может быть связано существование в природе нескольких генетических типов почв. Какие именно генетические типы сопряжены с каждой из выделенных органо-минеральных реакций, должно быть выяснено путем последовательного рассмотрения почвенного многообразия Мира в аспекте системы органо-минеральных реакций.

ГЛАВА 8

ПОЧВЕННЫЕ ФОРМАЦИИ

Исходя из биологической концепции почвообразования, важные различия между почвами определяются растительной формацией, при участии которой протекало их формирование. Согласно В. Р. Вильямсу, все разнообразие наземных зеленых растений, обладающих корневой системой, с точки зрения участия их в почвообразовательном процессе укладывается в две основные группы: растений деревянистых и растений травянистых. Первые являются многолетними, вторые — однолетними. Деревянистые растения отлагают мертвое вещество в течение года преимущественно на поверхности почвы, тогда как травянистые — как на поверхности почвы, так и в массе ее. Эти группы растительного мира различны по составу слагающих их органических соединений. Характер накопления ими растительной массы на поверхности почвы также различен. К тому же сообщества деревянистых и травянистых растений совершенно по-разному воздействуют на микроклимат и, следовательно, на гидротермический режим почв.

Однако различия в ходе почвообразования, обусловленные отмеченными особенностями основных растительных формаций, не могут одни служить целям подразделения почв. Здесь должны быть приняты во внимание еще и явления миграции продуктов выветривания и почвообразования, влияющие на почвенное плодородие.

Согласно учению о большом (геологическом) и малом (биологическом) круговороте, сущность почвообразования заключается в том, что на пути миграции элементов зольной и азотной пищи растений в большом круговороте веществ происходит задержка этих элементов вследствие их закрепления в форме органического вещества. В биологические процессы почвообразования вовлекаются и некоторые другие элементы. На условия миграции веществ в геологическом круговороте, протекающем в поверхностной зоне земли, прежде всего оказывает влияние рельеф.

В связи с этим следует различать 2 основных типа условий почвообразования. В преобладающих случаях почвообразование протекает при отсутствии привноса веществ со стороны; характер же выноса может быть различен. Подобные условия, очевидно, присущи водораздельным участкам, равнинам. В других случаях — тоже типических — почвообразование протекает в условиях привноса веществ — продуктов выветривания и почвообразования. Привнос происходит или в форме наилка минеральных веществ, или в форме растворов — с поверхностными, внутрипочвенными, грунтовыми водами. Мы должны учитывать возможность поступления растворов как в умеренных количествах, так

и в избыточных, обусловливающих заболачивание. Возможно также и поступление высокоминерализованных растворов или их значительная концентрация в местах скопления.

Итак, по характеру миграции веществ в большом геологическом круговороте почвы должны быть разделены на следующие группы:

1) генетически самостоятельные, развивающиеся при отсутствии привноса продуктов выветривания и почвообразования со стороны;

2) генетически сопряженные, развивающиеся в условиях привноса продуктов выветривания и почвообразования со стороны —

при умеренном поступлении как воды, так и растворимых веществ (с дальнейшей дифференциацией по соотношению поверхностного и грунтового увлажнения);

при избыточном поступлении воды, обусловливающем устойчивое переувлажнение;

при выраженном накоплении мигрирующих растворимых продуктов выветривания и почвообразования.

Принимаемое нами основное подразделение почв до некоторой степени сходно с тем, которое было в свое время предложено П. С. Коссовичем (1911). Однако между ними имеются коренные различия. П. С. Коссович выделял почвы генетически самостоятельные как почвы, в которых преобладает вынос веществ атмосферными осадками. Между тем главная особенность почв этой группы не в выносе веществ, который может и отсутствовать в определенных условиях, а именно в формировании их без привноса веществ со стороны.

В силу таких глубоких различий мы приходим к заключению, что почвообразование при участии деревянистой и травянистой растительных формаций будет протекать различным образом в зависимости от условий миграции элементов пищи растений и вообще элементов, участвующих в почвенно-биологическом круговороте. *Этим и определяется целесообразность подразделения почв на почвенные формации, которые устанавливаются по признаку ведущей растительной формации и основному характеру миграции продуктов почвообразования.*

Хотя глубокие различия в ходе почвообразования при участии растительных сообществ разных формаций — факт давно установленный, нельзя, однако, сказать, что сущность различий исследована достаточно полно. Подтверждением этого может служить хотя бы то обстоятельство, что лишь совсем в недавние годы выяснено, что жизнедеятельность лесной растительности далеко не обязательно ведет к оподзоливанию почв. Несомненно, более полное знание характера взаимодействия в системе почва—растения облегчило бы определение качественно различных соотношений между ними.

Большие различия в значении для почвообразования растений травянистых и деревянистых в биологическом отношении показаны В. А. Ковдой (1956). Специально биохимической роли леса посвящена статья В. В. Пономаревой (1966). Для понимания различий, присущих растительности разных формаций, и, следовательно, определения оснований для выделения почвенных формаций существенно полезны типы водного режима почв, установленные А. А. Роде (1956, 1969, 1969а). Сошлемся, в частности, на предложение А. А. Роде (1969) понимать под «луговостью» явление повышенной влажности почв, сопровождаемое преобладанием восходящего передвижения капиллярной влаги над нисходящим в почвенном профиле в течение вегетационного периода. Самую разностороннюю характеристику пойменным почвам речных пойм центра Русской равнины дал Г. В. Добровольский (1968). Среди кислых пойменных почв лесной зоны им выделены типы: пойменный дерновый, пойменный луговой, пойменный болотный. Отмечены и другие различия в почво-

Таблица 11

Почвенные формации и связь их с условиями миграции веществ и растительными формациями

Основные отделы почв по условиям миграции веществ в геологическом круговороте		Тип биологической миграции веществ		
		Формация низших растений	Формация травянистых растений	Формация деревянистых растений
Почвы генетически самостоятельные, развивающиеся в условиях отсутствия привноса продуктов выветривания и почвообразования со стороны		Примитивная почвенная формация	Дерновая почвенная формация	Лесная почвенная формация
Почвы генетически подчиненные (сопряженные), развивающиеся в условиях привноса продуктов выветривания и почвообразования со стороны	При умеренном дополнительном поверхностном поступлении воды и растворимых веществ		Паралуговая почвенная формация	Лугово-лесная почвенная формация
	При умеренном дополнительном поверхностном и с грунтовыми водами увлажнении и поступлении растворимых веществ		Влажнолуговая почвенная формация	
	При избыточном поверхностном или грунтовом поступлении слабоминерализованных вод, обусловливающих устойчивое переувлажнение	Трофяно-болотная почвенная формация	Травяно-болотная почвенная формация	Лесо-болотная почвенная формация
	При выраженном накоплении мигрирующих растворимых продуктов выветривания и почвообразования	Солончаковая почвенная формация	—	—

образующей роли растений разных формаций, частью рассмотренные ранее (Волобуев, 1963).

На основе представлений о биогеохимических различиях травянистых и деревянистых растений, о соотношениях между геологическим и биологическим круговоротами на земной поверхности, наконец, учитывая типизацию водного режима почв, считаем нужным различать следующие почвенные формации.

При отсутствии привноса веществ со стороны формируются почвы 2 формаций: с участием травянистой растительности — почвы дерновой формации, с участием деревянистой растительности— почвы лесной формации. В условиях дополнительного поверхностного увлажнения и привноса веществ, но вне влияния грунтовых вод будем различать паралуговую почвенную формацию. При наличии дополнительного как поверхностного, так и с грунтовыми водами привноса веществ возникают почвы формаций влажнолуговой и лугово-лесной. Когда со стороны избыточно поступают слабоминерализованные водные растворы, формируются почвы торфянистой, травяно-болотной и лесо-болотной фор-

маций. При концентрации растворимых продуктов почвообразования и выветривания обособляются почвы солончаковой формации. Наконец, когда преобразующее действие биологического фактора на почвообразующую породу находится лишь на самых начальных этапах, мы имеем примитивную формацию (скальные обнажения, каменники, пески в начальных фазах освоения растительностью). Эти представления обобщены в табл. 11.

Таким образом, полагаем необходимым различать следующие почвенные формации:

1. ПР — примитивная
2. ДР — дерновая
3. ЛС — лесная
4. ПЛ — паралуговая
5. ВЛ — влажнолуговая
6. ЛЛ — лугово-лесная
7. ТБ — травяно-болотная
8. ЛБ — лесо-болотная
9. ТФ — торфяно-болотная
10. СЧ — солончаковая

ГЛАВА 9

ПОНЯТИЕ ПОЧВЕННОЙ ОБЩНОСТИ

Генетическое содержание докучаевского почвоведения предопределило рассмотрение почв в неразрывной связи с условиями их образования. Это, прежде всего, получило выражение в кардинальном тезисе В. В. Докучаева о зонально закономерном распределении почв на земной поверхности и затем в формулировке Н. М. Сибирцева относительно того, что главным почвенным группам должны соответствовать определенные сочетания естественных условий.

Как следствие из этих идей, Н. М. Сибирцевым (1951) введено понятие о зональных почвах — почвах, распространенных на равнинах земной поверхности соответственно с зонами климата и растительности, в отличие от почв интразональных и азональных.

Удивительна стойкость понятия о зональных почвах: возникнув на заре генетического почвоведения, оно используется рядом авторов и в наши дни. Так, в работах по почвенному районированию предлагалось брать в качестве основного признака для выделения почвенной зоны преобладающий зональный тип почвы (Виленский, 1957).

Несомненно, очевидное зонально закономерное распределение на земной поверхности ярко выраженных типов почв является твердо установленным фактом. Но уже сам Н. М. Сибирцев указывал на топографическую изменчивость, говоря что топографические смены — «суть смены повторяющиеся».

Справедливости ради отметим, что уже вскоре после возникновения понятия зональности почв Г. Н. Высоцким (1906) было подмечено, что так называемые зональные почвы преобладают лишь в той мере, в какой в рельефе равнин нашей страны преобладающими оказываются равнинные положения, а также отлогие покатости. Несколько позже им введено понятие о плакорных почвах (Высоцкий, 1909). А так как равнинные положения являются именно лишь преобладающими и даже на равнинах существуют ложбины, нижние части склонов, низины, то рядом с зональными почвами оказываются и почвы другого типа, обусловленные местными различиями гидротермического режима. Почвы этих положений по рельефу тоже будут иметь определенные различия, что и было представлено Г. Н. Высоцким (1906) в специальной таблице.

Из анализа влияния рельефа и пород, перераспределяющих влагу атмосферных осадков и разнообразящих термические условия, у С. С. Неуструева (1915) возникло представление о зональных или областных почвенных комбинациях (сочетаниях). «Понятие *зональных почв,* — писал С. С. Неуструев, — заменяется понятием зональных или областных *почвенных комбинаций,* а понятие интразональных почв делается

тогда излишним — вместо них обособляются различные гидроморфные (болотные, солонцовые) почвы и эндодинамоморфные (перегнойно-карбонатные, песчаные, грубые) почвы, входящие в состав данной зональной почвенной комбинации» (1915, стр. 64). При этом С. С. Неуструев отметил, что *комплексы* почв есть частный случай почвенных комбинаций, а именно — почвенные комбинации по микрорельефу. Он указал также ряд закономерностей в изменении характера почвенных комбинаций в зависимости от зональных условий, характера рельефа, почвообразующих пород и др. Так, С. С. Неуструев писал, что в комбинацию почв подзолистой зоны могут входить различные подзолистые почвы, торфяно-подзолистые, иловато-болотные и другие, т. е. почвы, приуроченные к различным условиям рельефа и, следовательно, увлажнения. Он полагал также, что можно, например, говорить о комбинации почв черноземной зоны северного склона Джунгарского Алатау, болотистой области Полесья в подзолистой зоне и т. д.

Представление о закономерной структуре почвенного покрова зон использовал и Я. Афанасьев (1930), полагавший, что каждая зональная система почв может быть представлена по геоморфологическому моменту в виде «аналогичных систем», в свою очередь подразделяемых по породам, механическому составу, проявлениям динамических геологических процессов, культурным особенностям.

Ландшафтно-геоморфологическая дифференциация почв была привлечена для объяснения закономерностей распределения почв различных рядов по водно-тепловому режиму в классификации И. П. Герасимова, А. А. Завалишина, Е. Н. Ивановой (1939).

Идеи Г. Н. Высоцкого и С. С. Неуструева вошли в обиход генетического почвоведения, но использовались, в общем, лишь в отдельных случаях и не получили дальнейшего развития.

По-видимому, именно из-за того, что представления Г. Н. Высоцкого о роли рельефа в местном изменении почв, С. С. Неуструева о почвенных комбинациях не приобрели у нас должного значения, соответствующего их принципиальному содержанию, за рубежом получило широкое распространение понятие о почвенных катенах, введенное Д. Милном (Milne, 1935, 1936) и по существу ничем не отличающееся от схем Г. Н. Высоцкого об изменении почв по элементам местного рельефа.

Новые данные, полученные при выяснении общих закономерностей почвенно-фитоклиматических отношений, приближают нас к более полному пониманию генетической сопряженности определенных групп почв.

Анализ условий возникновения и путей развития компонентов почвенного покрова приводит к заключению, что почвы отдельных генетических типов могут быть представлены в форме генетических рядов, отражающих последовательные стадии развития почв в сопряженности с эволюцией растительности, рельефа, почвообразующих пород.

Такого рода генетические ряды весьма разнообразны в природе, но вместе с тем сочетание, образование их повторяются в разных местах суши. Во многих случаях они описывались как топографические ряды, зональные сочетания, катены и др. Следовательно, можно говорить об определенных типических чертах генетических рядов почв. Повторяемость генетических рядов почв, наличие известных общих свойств и особенностей почв, входящих в сходные ряды, указывают на то, что в процессах формирования почв однотипных рядов имеются некоторые общие существенные черты.

Исследование распределения на земной поверхности наиболее распространенных типов почв в связи с климатическими условиями привело к гидротермической системе (Волобуев, 1953). Как оказалось,

почвы по их связи с климатическими условиями образуют гидроряды, характеризуемые определенными градациями увлажненности, и терморяды, обусловленные определенными градациями тепла (по средней годовой температуре или по радиационному балансу). Сочетания гидрорядов и терморядов подразделяют координатное поле гидротермической системы на серию гидротермотипов (рис. 11).

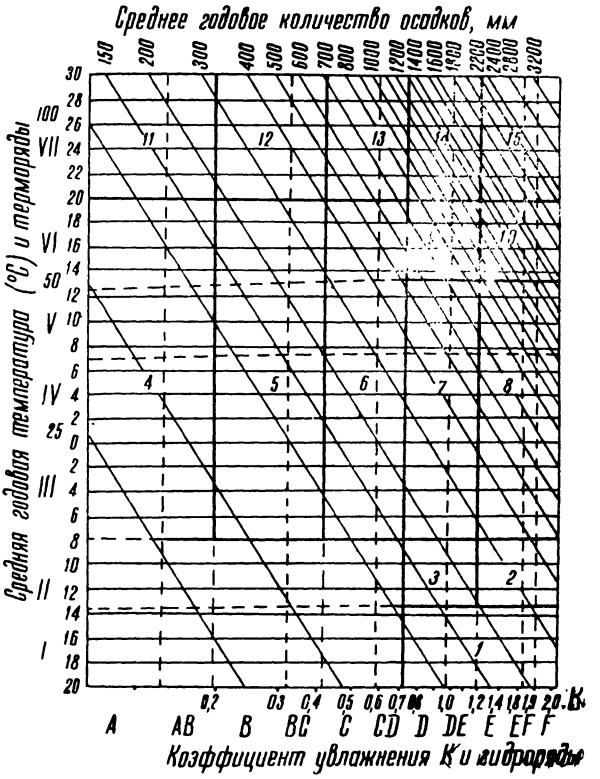


Рис. 11. Гидротермическая система и распределение в ней полей почвенных общностей

1—тундровая, *2*—лесотундровая, *3*—холоднодерновая, *4*—светлоземная, *5*—сероземная, *6*—каштановоземная, *7*—черноземная, *8*—дерново-подзолистая, *9*—коричневоземная; *10*—желтоземная; *11*—пустынно-тропическая, *12*—светло-красноземная, *13*—сухосаванновая; *14*—красно-буроземная, *15*—красноземная

Дальнейшим исследованием установлено, что почвы, сопряженные с отдельными гидротермотипами, характеризуются закономерными изменениями в содержании гумуса, CO_2 извести, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, величине pH. Исследование соотношения гумус—климат, почвенная известь, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 — климат, pH почв — климат привело к более строгому представлению об особенностях процессов почвообразования и, в частности, процессов выветривания. Баланс продуктов выветривания и органического вещества в почве складывается по-разному в различных климатических условиях, количественно подтверждая тезис, что они действительно качественно различны. Установленные ранее терморяды и гидроряды гидротермической системы отражают, хотя и существенные, лишь некоторые стороны различий в почвообразовании. В природе же сочетание тех или других климатических условий — термических и

увлажненности — органически входит в развивающееся целостное единство почва—климат — растение.

Поэтому и система почвенных гидротермотипов, внешне построенная по признаку постепенного количественного изменения главнейших климатических элементов (тепло и влага), вместе с этим отражает и существенные гидротермические рубежи, а также и качественные узлы в процессах почвообразования, где внешнее и внутреннее уже становится единством, обладающим, наряду с общими, и внутренне ему присущими чертами.

Какие же качественные почвенные единства следует различать? Из системы главных типов почв мира, из анализа закономерностей изменения содержания гумуса и баланса извести (по CO_2), SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 в почвах, а также pH в связи с гидротермическими и энергетическими условиями следует, что гидротермический график должен быть расчленен на несколько крупных полей, как это показано на рис. 11, с каждым из которых приближенно сопряжены некоторые совокупности почвенных образований, определенных автором как *почвенные общности.*

Выясним природу почвенных общностей, намечаемых таким путем. Прежде всего надо иметь в виду ряды почвенных образований на разных породах со всеми стадиями: от первых фаз разрушения породы, через рухляк до сформированной почвы с присущими ей генетическими горизонтами. Понятно, что минеральная часть при этом также проходит определенные фазы преобразования.

Далее необходимо допустить наличие в каждой из этих общностей представителей, отражающих смену лесной и дерново-степной, луговой, болотной, солончаковой стадий почвообразования. Для одного из полей подобная смена выражена в наличии дерново-подзолистых почв, в которых получает большее развитие то дерновый процесс, то подзолистый. Достаточно легко обосновать также наличие эволюционной связи между черноземами и почвами степных дубрав. Менее известны компоненты эволюционной смены для каштановых почв, но легко доказать генетическую близость с ними таких почв, как светло-коричневые аридного редколесья.

Далее в каждой из почвенных общностей мыслимо существование почв, связанных в своем возникновении с избыточным (против атмосферного) поверхностным и грунтовым увлажнением (всевозможные низинные луговые и болотные, а также низинные лесные почвы). Но такие почвы несут явственные черты принадлежности к той или другой почвенной совокупности. Последнее обстоятельство нашло выражение в том, например, что уже давно употребляются такие наименования почв, как сероземно-луговые, каштаново-луговые и т. п. (Димо, 1932; легенда к Государственной почвенной карте СССР и др.). Н. Я. Кац (1948) показал наличие географических (зональных) типов болот.

В ряде почвенных общностей обычным является наличие солончаковых и солонцовых, а также осолоделых компонентов, также несущих черты зонального своеобразия. Наконец, в составе каждой общности закономерно наличие почв, в том или ином отношении преобразованных культурной деятельностью человека.

Если все эти изменения почв представить в их самом общем содержании, то можно сказать, что они сопряжены с определенной сменой типов почвенных органо-минеральных реакций.

Что наиболее существенное объединяет все почвенные компоненты в той или другой общности? Из того, что почвенные общности сопряжены с определенными терморядами и гидрорядами, следует, что все компоненты каждой почвенной совокупности имеют общие черты вывет-

ривания и водного режима. Но это лишь фон, на котором своеобразно развивается биологическая деятельность. Следовательно, можно говорить об определенных типах биоклиматических соотношений. Генетическая связь почвенных общностей с зональным распределением на земной поверхности тепла и влаги понимается в том смысле, что климатические условия не являются для почвенных зональных комплексов чем-то внешним — формирование почвенных зональных комплексов и климатических условий протекало в тесном взаимодействии. Приуроченность почвенных общностей к определенным гидротермическим условиям и является следствием этой генетической сопряженности.

Однотипность почв соответствующих общностей, можно сказать, вполне очевидно проявляется в специфических особенностях баланса веществ. Каждая из намечающихся совокупностей характеризуется определенными величинами содержания органических и минеральных веществ — гумуса, извести, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, значениями pH, что является отражением качественно различного баланса веществ по каждой почвенной общности. Различия схематически представлены в табл. 12.

Все это обусловливает особое течение процесса почвообразования, определенный порядок изменения свойств почв и смены одних почвенных образований другими. Однотипность соотношений почв одной общности с гидротермическими условиями климата дает основание рассматривать почвы каждой почвенной общности как парагенетические группы почв.

Таким образом, почвенные общности являются наиболее крупными эколого-генетическими группами почв, объединяющими генетические типы одного парагенезиса.

Совокупность всех данных приводит к заключению о необходимости различать следующие 15 почвенных общностей: тундровую, лесотундровую, холодноподзолистую, светлоземную, сероземную, каштановоземную, черноземную, дерново-подзолистую, коричневоземную, желтоземную, пустынно-тропическую, светло-красноземную, сухосаванновую, красно-буроземную, красноземную.

Наименования почвенных общностей в большинстве случаев установлены по почвенному типу, являющемуся наиболее характерным для той или иной почвенной общности на данном этапе развития Земли. Легко видеть, что этими почвенными типами являются как раз те, которые Л. И. Прасолов называл главными типами почв.

Почвы одной общности характеризуются закономерной сменой почвенных типов и видов в процессе сопряженного развития биологической деятельности и фаз выветривания почвообразующих пород, определенным типом водного и термического режима, типическими чертами образования и разложения органических веществ, типическими реакциями вторичного минералообразования и характерными чертами баланса продуктов минеральных преобразований (табл. 12).

Вместе с тем система почвенных общностей в ее сопряженности с гидротермическими условиями выражает в наиболее общем виде зональные соотношения, существующие на земной суше,—зональные комплексы. Но почвенные общности не эквивалентны зональным комплексам. Почвенные зоны и зональные почвенные комплексы географически конкретны, это географические категории. Почвенные же общности представляют собой генетические обобщения, отражающие наиболее общее и существенное, что присуще всем соответствующим зональным комплексам в каждом их конкретном выражении. Так, скажем, зоны черноземов имеются в ряде мест земной суши. Существенные и общие черты, присущие наиболее распространенному в этих зонах почвенному образованию — чернозему — получают выражение в представлении о нем как о

Таблица 12

Основные энергетические параметры и главные характеристики вещественного состава генетически самостоятельных почв установленных общностей

№ п.п.	Почвенная общность	Энергетические параметры		p в слое 0—20 *см*	Содержание гумуса в слое		Содержание минеральных веществ в слое 0—100 *см*, %			
		Радиационный баланс, *ккал/см²·год*	Полнота использования радиационной энергии		0—20 *см*, %	С—100 *см*, *ц/га*	CO_2 (известн)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3
1	Тундровая	<6	0,53—0,70	<4,0	1,5—10	<20	—	65—70	~10	~6
2	Лесотундровая	6—12	>0,70	<4,0	2—10	<50	<0,5	70—75	~10	5—6
3	Холоднодерновая	6—12	0,53—0,70	4,0—7,0	2—3	40—100	1—5	65—70	~10	~6
4	Светлоземная	45—60	<0,15	>8,5	<1,5	<60	>8	>60	<10	<6
5	Сероземная	45—60	0,15—0,32	>8,5	1,5—2,0	60—150	5—7	60—65	10—12	~6
6	Каштановоземная	15—69	0,32—0,53	7—8	2—4	150—300	5—6	65—70	10—12	~6
7	Черноземная	15—69	0,53—0,70	6,5—7,5	4—8	300—700	2—5	65—70	10—12	4—5
8	Дерново-подзолистая	6—69	>0,70	4—6	2—10	50—200	0,2—1,0	65—75	12—15	<4
9	Коричневоземная	52—69	0,53—0,70	5,5—7,0	2,5—6,0	150—250	0,2—2,0	60—65	17—20	6—9
10	Желтоземная	52—69	<0,70	4,0—5,5	4—10	150—200	<0,2	65—70	18—25	8—18
11	Пустыннотропическая	>60	<0,15	>8	<1,0	<20	>10	>60	<10	<6
12	Светло-красноземная	>60	0,15—0,32	7—8	0,5—1,5	20—50	>10	~60	10—14	~6
13	Сухосаванновая	>60	0,32—0,55	6—7	1,5—2,0	50—100	0,2—2	~60	15—17	6—7
14	Красно-буроземная	>60	0,53—0,70	5,5—6,5	2—3	100—200	<0,2	50—60	18—22	7—12
15	Красноземная	>60	>0,70	4,5—5,0	3—10	150—250	<0,1	40—50	>25	12—25

генетическом типе. Однако общеизвестно, что в любой почвенной зоне, наряду с почвами главного генетического типа, имеются почвы и других генетических типов, но тоже обладающие чертами зонального своеобразия. Общие черты зонального комплекса почв и характер их взаимосвязи и определяют принадлежность генетических типов к той или другой почвенной общности.

Ясно, что почвы того или иного конкретного зонального комплекса должны нести в себе признаки, связанные с изменением растительности и климата во времени, а также признаки, обусловленные местными особенностями сезонного хода климатических элементов.

Почвенные общности отражают сущность, наиболее общие черты тех почвенно-фитоклиматических соотношений, которые сложились на земной поверхности в связи с ее естественноисторическими зонами. Состав же почв, входящих в общности, надо признать отвечающим изменениям второго порядка, которые отражают возраст и эволюцию почв, растительности, климата в их сопряженности с развитием рельефа и почвообразующих пород.

Из положения о том, что почвенные общности представляют собой обобщение, известную абстракцию реально существующих зональных почвенно-фитоклиматических соотношений, следует, что генезис конкретных почвенных образований той или другой зоны может быть правильно понят только при знании истории развития почвенного покрова в ее связи с историей растительности и климата. Решение этой задачи, конечно, должно опираться на выяснение истории формирования современной картины распределения почвенно-климатических зон.

В связи с высказанным выше небесполезно остановиться на некоторых других выступлениях по вопросам классификации почв, в частности, на отдельных положениях Е. Н. Ивановой (1956) и Н. Н. Розова (1956).

В работах Е. Н. Ивановой, Н. Н. Розова и автора обсуждается вопрос о классификационных единицах выше генетического типа. Е. Н. Иванова и Н. Н. Розов, указывая на необходимость и важность выделения групп почв выше типа, отмечают, что выделяемые ими «классы» почв близки к почвенным общностям В. Р. Волобуева, но не идентичны с ними (Розов, 1956, стр. 80). Последнее замечание, а также мнение Е. Н. Ивановой (1956, стр. 85), что почвенные общности выделяются по климатическим данным, заставляют произвести сопоставление опубликованных формулировок, касающихся содержания понятий «почвенные общности» и «классы почв».

В. Р. Волобуев (1953, стр. 284—5):

«Почвы одной общности характеризуются закономерной сменой почвенных типов и видов в процессе сопряженного развития биологической деятельности и фаз выветривания почвообразующих пород, определенным типом водного и термического режима, типическими чертами образования и разложения органических веществ, типическими реакциями вторичного минералообразования... Почвенные общности отражают сущность, наиболее общие черты тех почвенно-фитоклиматических соотношений, которые сложились на земной поверхности в связи с первичными климатическими поясами. Многообразный же состав почв общностей надо признать отвечающим изменениям второго порядка, которые отражают возраст и эволюцию почв, растительности, климата в их генетической связи с развитием рельефа и почвообразующих пород».

Н. Н. Розов (1956, стр. 79):

«В основу выделения классов почв положена некоторая общность биологических процессов и процессов выветривания, обусловленная сходством термических условий почвообразования и условий атмосферного увлажнения».

Е. Н. Иванова (1956, стр. 97):

«Классы объединяют почвы сходных групп почвообразований, определяемых одинаковым направлением выветривания минералов и превращением органического вещества, представляя зональные комплексы и сочетания, как они были отмечены в работе С. С. Неуструева. Для классов почв характерна тесная связь с корами выветривания.

Все типы почв, составляющие класс, могут находиться в эволюционных связях между собой в процессах развития почв вместе с развитием растительности и рельефа. Переходы типов почв из одного класса в другой происходят при смещении биоклиматических зон и фаций».

Из приведенных формулировок совершенно ясно, что понятие «класс почв» в основном совпадает с ранее введенным автором понятием «почвенная общность». Вместе с тем полностью снимается представление Е. Н. Ивановой (1956), что почвенные общности будто бы выделяются по климатическим данным. Почвенные общности были установлены путем исследования фито-почвенно-климатических соотношений, но с самого же начала было разъяснено их широкое генетическое содержание.

Устанавливая однозначность формулировок понятия класса почв и почвенной общности, приходится тем не менее признать «неидентичность» класса и общности, но по иным причинам, чем полагали Е. Н. Иванова и Н. Н. Розов. Одно сведение Е. Н. Ивановой и Н. Н. Розовым разнообразия почв в обособленные группы-классы еще не является совершенным решением. При этой группировке приняты во внимание лишь различия между отдельными классами почв, т. е. особенности каждой из этих почвенных групп. Другими словами, выделение классов свелось к простой группировке почв. Общая же связь между самими классами почв не показана и оставалась не раскрытой.

Иное имеем в случае общностей. Почвенные общности не только объединяют почвы по признаку их особенностей, но и сами образуют единую систему, в которой общности объединены по признаку взаимной связи.

Важно также то, что почвенные общности находятся в закономерном соотношении с определенными изменениями двух энергетических параметров: радиационного баланса земной поверхности R и полноты использования радиационной энергии в почвообразовании, характеризуемой некоторым коэффициентом a. В этом соотношении почвенных общностей с радиационными условиями находят обобщенное выражение основные зонально-энергетические соотношения на земной поверхности (см. следующую главу).

Таким образом, концепция о почвенных общностях является более полным синтезом наших знаний о почвах и процессах почвообразования, чем классы почв Е. Н. Ивановой и Н. Н. Розова.

Введение понятия о почвенных общностях должно способствовать успешному изучению почвенного покрова в его развитии и в единстве со средой. Гидротермическая система облегчает всевозможные почвенно-климатические сопоставления, внося в них большую определенность. Гидротермическая система указывает вполне определенные граничные условия тепла и влаги, энергетических ресурсов, в которых существуют и развиваются почвы отдельных общностей. Пользуясь этой системой, можно с большой практической достоверностью определить, для какой именно почвенной общности характерны те или другие климатические условия, описываемые некоторыми значениями средней годовой температуры и годовой суммы осадков, а также радиационным балансом и относительной увлажненностью.

Но определением граничных условий тепла и влаги не исчерпываются возможности диагностики некоторой почвы и отнесения ее к той или другой общности. Установленное закономерное изменение содержания гумуса, баланса извести, SiO_2, Fe_2O_3, Ai_2O_3, pH почв в связи с гидротермическими условиями также служит целям диагностики почвенной общности. Наконец, сам состав почв, входящих в ту или другую почвенную общность, последовательность их смен в рядах развития в связи с изменением минеральной части, рельефа, эволюции растительности являются важнейшей основой для выяснения принадлежности почвы к почвенной общности.

ГЛАВА 10

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ В КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ

Автором в процессе исследований почвенно-климатических связей (Волобуев, 1953, 1963) выяснены некоторые общие закономерности гидротермических и энергетических соотношений в системе атмосфера—растение—почва.

Первоначально на почвенные карты и карты растительности материков и отдельных стран накладывались карты годовой суммы атмосферных осадков P и средней годовой температуры t и затем по всем крупным контурам типов растительности и почв основных генетических типов «снимались» отметки P и t. Их наносили на график, у которого по оси абсцисс отложено годовое количество осадков, а по оси ординат — значения средней годовой температуры. Распределение отметок по полю гидротермического графика выявляло общий вид климатического ареала того или другого типа растительности или почв.

Рассматривая всю совокупность полученных фито- и почвенно-климатических ареалов, нетрудно было обнаружить, что все типы растительности и почв располагаются определенными рядами в последовательности возрастающей увлажненности. Очерчивая эти ряды граничными линиями с выделением основных полей и переходных между ними, получаем общую систему кривых в числе 7 гидрорядов: *A, B, C, D, E, F, G* в порядке возрастающей увлажненности.

Поле графика с почвенно-климатическими ареалами подразделено также на 7 термических ступеней, или терморядов (*I, II, III, IV, V, VI, VII*) — от крайне холодного до экваториально-тропического.

Позже подобное исследование было выполнено с использованием в качестве характеристики условий уже радиационного баланса земной поверхности R. При этом математическая обработка системы гидрорядов показала, что все полученные кривые укладываются в общую зависимость:

$$0{,}67 \lg R = \lg L P - H_{\text{п}}, \qquad (1)$$

где L—скрытая теплота парообразования; $H_{\text{п}}$—величина, постоянная для каждого криволинейного ряда (эта постоянная может быть представлена и как $\lg LP_{\text{к}}$, где $P_{\text{к}}$—некоторая часть атмосферных осадков, постоянная для гидроряда); R—радиационный баланс земной поверхности (*ккал/см²год*); P—годовое количество атмосферных осадков (*см*).

Исследованием почвенно-гидрологических соотношений установлено, что каждый гидроряд системы характеризуется определенными значениями относительной увлажненности согласно зависимости

$K = \frac{\text{осадки } (P)}{\text{испаряемость } (E_п)}$. При этом испаряемость $E_п$ оказалась связанной с радиационным балансом зависимостью

$$E_п = 50\,R^{0,67}. \quad (2)$$

Весь ход исследования почвенно-фитоклиматических соотношений, превосходное подтверждение установленных соотношений гидрологическими данными, строго закономерный характер гидротермической системы естественно привели к заключению, что она отражает коренные связи в географической среде и что установленные термо- и гидроряды являются именно закономерными рядами.

Действительно, рассмотрение последовательности изменения рубежных значений радиационного баланса R (в случае терморядов) и рубежных значений K (в случае гидрорядов) выявило, что R и K образуют вполне закономерные ряды, подчиняющиеся зависимостям:

$$\lg \frac{R_r}{R_{r-1}} - \lg \frac{R_{r+1}}{R_r} = C_R, \quad (3)$$

$$\lg \frac{K_r}{K_{r-1}} - \lg \frac{K_{r+1}}{K_r} = C_к, \quad (4)$$

где r—порядковый номер граничного рубежа между термо- и гидрорядами (первый рубеж между терморядами I и II и гидрорядами AB и B); C_R и $C_к$—величины постоянные: $C_R = 0{,}044$ и $C_к = 0{,}04$.

Располагая зависимостями (3) и (4), можно по одному рубежному значению R или K найти весь соответствующий ряд R или K. Более того, вполне закономерный характер (3) и (4) позволяет прийти к заключению, что рубежные значения R или K, вычисленные при помощи этих зависимостей, будут более близко отвечать природным соотношениям, чем ряды рубежных значений R и K, найденные порознь. Приняв в качестве некоторых опорных рубежных значений значение R между терморядами I и II, равное 6 *ккал/см²/год*, и значение K между гидрорядами CD и D, равное 0,73, мы получили следующие ряды рубежных значений R и K для условий достаточного увлажнения (с некоторым округлением):

Терморяды	Рубежные значения R, *ккал/см/год*
I — крайне холодный	< 6,0
II — холодный	6,0—12,0
III — умеренно холодный	12,0—22,0
IV — умеренно теплый	22,0—35,5
V — теплый	35,5—52,0
VI — субтропический	52,0—69,0
VII — экваториально-тропический	>69,0

Гидроряды	Рубежные значения K
A, AB — крайне сухие	<0,20
B, BC — сухие	0,20—0,40
C, CД — недостаточного увлажнения	0,40—0,75
D, DE—уравновешенного увлажнения	0,75—1,25
E, EF—повышенного увлажнения	1,25—1,90
F, FG—большого увлажнения	1,90—2,65
G—особо влажный	>2,65

Очевидно, в физико-географических явлениях, определяющих увлажнительный «эффект действия», наряду с процессами, характеризуемыми логарифмическими зависимостями, возникают изменения в природных ландшафтах, которые в совокупности воспринимаются как последовательные равноступенные градации тепла или увлажненности.

В отношении гидрорядов естественно будет допустить, что этого характера соотношения известным образом связаны с процессами испарения. Действительно, исследование показало вполне закономерное из-

менение величины испарения от гидроряда к гидроряду (Волобуев, 1961). Установлено, что испарение в пределах каждого терморяда изменяется от гидроряда к гидроряду на одну и ту же величину, постоянную для каждого терморяда, или

$$E_r = E_0 + qr, \tag{5}$$

где E_r — испарение на границе перехода к следующему ряду; E_0 — испарение на границе перехода от крайне сухого гидроряда к сухому *(AB/B)*; q — величина, постоянная для каждого терморяда; r — порядковый номер рубежного перехода между гидрорядами при условии, что первый рубежный переход *(AB/B)* принят за «нулевой».

Результаты этого исследования приводят к заключению, что *качественные различия в процессах географической среды, связанные с изменением степени увлажненности и воспринимаемые как зонально равноступенные, сопряжены при равенстве энергетических ресурсов с простыми кратными изменениями количества воды, участвующей в процессах испарения и транспирации.*

В установленном соотношении, по-видимому, проявляются закономерности более общего порядка, связанные с дискретностью соотношения между молекулами органо-минеральных масс биогеоценозов и молекулами воды, участвующей в процессах круговорота веществ в системе атмосфера—растение—почва. Это заключение выдвигает в качестве исследовательской задачи выяснение природы био-физико-химических процессов, обусловливающих различия в процессах географической среды в связи с установленными количественными изменениями увлажненности.

Закономерный характер изменения увлажненности в географической среде приобретает новый аспект при привлечении энергетических данных для оценки физико-географических процессов. В этом отношении весьма полезным было исследование энергетики почвообразования.

Первая такая попытка позволила получить некоторое представление о величине затрат энергии в основных процессах почвообразования и о характере их изменения в связи с гидротермическими условиями (Волобуев, 1963). Путем суммирования затрат энергии в биогеоценозе, связанных с почвообразованием, на испарение с поверхности почвы и транспирацию, на образование растительного вещества и, наконец, на минеральные преобразования в почве были установлены, в первом приближении, общая сумма затрат энергии в почвообразовании и порядок ее изменения в различных гидротермических условиях.

Закономерность энергетики почвообразования в связи с гидротермическими условиями исследована прежде всего путем выяснения изменения затрат энергии на почвообразование при однокачественном увлажнении. С этой целью затраты энергии на почвообразование сопоставлены с радиационным балансом для всех сочетаний тепла и влаги, отвечающих пограничным условиям между всеми гидрорядами гидротермической системы. Практически это заключалось в снятии значений радиационного баланса и затрат энергии на почвообразование по всем пограничным линиям гидрорядов. Полученные отметки, будучи нанесенными на график, у которого по оси x отложен радиационный баланс R, а по оси y — затраты энергии на почвообразование Q, обнаружили одну общую черту: отметки по каждому гидроряду располагались в общем по одной прямой. Каждая прямая отвечала соответствующему гидроряду и могла быть охарактеризована некоторым угловым коэффициентом a, последовательно возраставшим от засушливых гидрорядов к более влажным. Угловой коэффициент a изменяется в пределах от очень малых значений, близких к нулю, до значений, приближающихся к 1.

Таким образом, выясняется, что коэффициент a является показателем меры использования радиационной энергии в почвообразовании.

Следовательно, каждый гидроряд гидротермической системы характеризуется определенной полнотой использования радиационной энергии в почвообразовании и затраты энергии на почвообразование в пределах каждого гидроряда прямо пропорциональны радиационному балансу земной поверхности, взятому с некоторым коэффициентом a, постоянным для каждого гидроряда. Из этого заключения вытекает, что затраты энергии на почвообразование в пределах каждого гидроряда подчинены зависимости:

$$Q = Ra. \qquad (6)$$

Но поскольку гидроряды гидротермической системы различаются между собой степенью относительной увлажненности, то *в условиях одинакового радиационного баланса затраты энергии на почвообразование пропорциональны величине относительной увлажненности.* Приведенному заключению может быть придано и более общее значение, поскольку затраты энергии на почвообразование в сущности являются затратами энергии в биогеоценозе, т. е. в природном единстве: растения—почвы—животный мир—атмосфера.

Непосредственное сопоставление значений K и a, найденных для всех рубежных переходов гидрорядов, показало очень закономерную связь между ними, как это видно, например, из приводимых ниже данных:

Гидроряды	K	a	Гидроряды	K	a
$A-AB$	0,14	0,11	$D-DE$	1,01	0,63
$AB-B$	0,20	0,15	$DE-E$	1,21	0,69
$B-BC$	0,31	0,25	$E-EF$	1,61	0,76
$BC-C$	0,41	0,32	$EF-F$	1,93	0,79
$C-CD$	0,60	0,46	$F-FG$	2,52	0,82
$CD-D$	0,73	0,53	$FG-G$	2,92	0,89

Здесь важно следующее: вначале при увеличении относительной увлажненности примерно в той же мере возрастает и полнота использования радиационной энергии в природных комплексах, но в дальнейшем, по достижении увлажнения, близкого к уравновешенному, показатель полноты использования радиационной энергии увеличивается медленнее, чем нарастает относительная увлажненность. Приближение значений a к некоторому пределу меньше единицы можно объяснить тем, что в условиях высокой увлажненности, когда суммарное испарение достигает наибольшей величины, как и проявление биологических процессов, расход энергии на турбулентный теплообмен, естественно, становится наименьшим, но никогда не равен нулю.

Особо отметим наиболее быстрое нарастание значений a в пределах гидрорядов C, CD. Не следует ли поставить в связь с этим хорошо известную изменчивость, контрастную комплексность в структуре почвенного покрова и растительности сухих степей? Возможно, что здесь даже небольшие изменения в увлажненности, обусловленные местными факторами — микрорельефом, проницаемостью пород и т. д. — ведут к резкому изменению биологической активности в процессах почвообразования и продуктивности растительности.

Четко проявляющаяся связь между полнотой использования радиационной энергии a и относительной увлажненностью, характеризуемой индексом K, заставляла подумать о более глубоком ее изучении. Исследование привело к зависимости:

$$a = e^{-\frac{1}{mK}}, \qquad (7)$$

где m — величина постоянная, отражающая «биологическую активность» природных комплексов, e — основание натуральных логарифмов.

Следовательно, зависимость (6) можно представить как

$$C = Re^{-\frac{1}{mK}}, \qquad (8)$$

т е. затраты энергии на процессы превращения и миграции веществ в природных комплексах атмосфера—растение—почва определяются радиационным балансом R, величиной относительной увлажненности K и биологической активностью природного комплекса m.

Весьма содержательный характер зависимости (8) еще раз убедительно свидетельствует, что полнота использования радиационной энергии в природных комплексах и показатель a, характеризующий эту полноту, являются существенными для более глубокого понимания процессов, протекающих в географической среде.

Ясный физический смысл показателя a, так же как его физико-географическая значимость, вытекающая из зависимости (8), позволяет путем использования его создать единую биогеоэнергетическую систему.

В самом деле, установленные на основе фито-почвенно-климатических исследований терморяды были затем охарактеризованы при помощи зависимости (3) рациональным рядом рубежных значений R. Далее, опираясь на выясненную связь между K и a и найдя при помощи зависимости (4) рациональный ряд значений

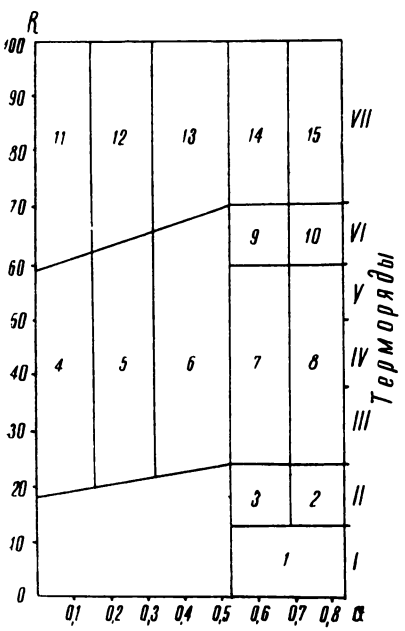


Рис 12. Система общностей в энергетических координатах

Биогеоэнергетические общности: *1*—тундровая; *2*—лесотундровая, *3*—лугово-редколесьевая, *4*—пустынная, *5*—полупустынная; *6*—сухостепная, *7*—лесостепная, *8*—лугово-лесная; *9* — парково-степная; *10*—влажносубтропическая; *11*—крайне пустынная; *12*—полупустынно-тропическая; *13*—сухосаванновая, *14*—саванновая; *15*—гилейная

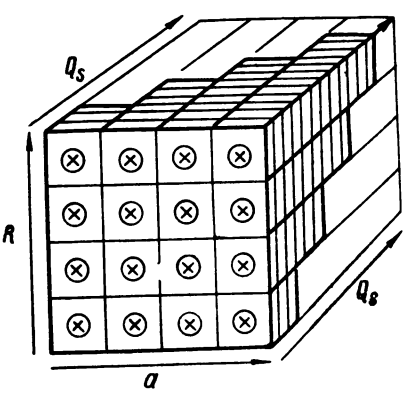


Рис. 13. Энергетическая схема системы почв

R—радиационный баланс земной поверхности; a—относительная доля радиационной энергии, участвующей в почвообразовании, Q_s—суммарное количество энергии, затраченной на образование почв разных генетических типов; × — почвенные общности

K, мы можем установить значения a, рубежные для всех гидрорядов. В итоге получаем систему, отражающую главные энергетические соотношения в географической среде, с которыми связано существование на земной поверхности термо- и гидрорядов и, как следствие, закономерных соотношений между ними—основных природных зон. Каждая из основных природных зон получает лаконичную и вместе с тем очень геогра-

Таблица 13

Биогеоэнергетическая система (энергетическая система зональных соотношений)

Терморяды	Рубежные значения радиационного баланса земной поверхности, *ккал/см²*	Гидроряды и полнота использования радиационной энергии, *a*				
		A, AB; <0,15	*B, BC*; 0,15—0,32	*C, CD*: 0,32—0,53	*D, DE*; 0,53—0,70	*E, F, G* > 0,70
VII	>69,0 (59,0)	Крайне пустынная общность. Кустарниковые и эфемеровые пустыни. Почвы: каменники гаммад, пустыннотропические.	Пустыннотропическая общность. Кустарниковые и суккулентные полупустыни. Почвы: светлокрасно-бурые.	Сухосаванновая общность. Опустыненные саванны. Почвы: красно-коричневые, иллювиально-глинные.	Саванновая общность. Типичные саванны. Почвы: красно-бурые, регуры.	Гилейная общность. Тропические леса. Почвы: красноземы, латеритизированные красноземы.
VI	52,0—69,0 (59,0)	Пустынная общность. Типичные и эфемеровые пустыни. Почвы: светлоземы, серо-бурые, такырные.	Полупустынная общность. Полупустыни эфемеровые и эфемерово-кустарниковые. Почвы: сероземы, бурые, солонцевато-осолоделые (кыровые) сероземы.	Сухостепная общность. Сухие степи, малискреб, аридное редколесье. Почвы: каштановые, серо-коричневые.	Парково-степная общность. Дубовые леса, маквис, пампа. Почвы: коричневые лесные, коричневые дерновые, смолницы.	Влажносубтропическая общность. Вечнозеленые и листопадные леса. Почвы: желтоземы, красноземы, оподзоленные.
V, IV, I	12,0—52,0 (43,0)				Лугово-степная общность. Степи, дубовые леса. Почвы: черноземы, прерийные, серые лесные.	Лугово-лесная общность. Таежные леса. Почвы: дерново-подзолистые, бурые лесные, подзолы.
II	6,0—12,0				Лугово-редколесьевая общность. Луга, березовое редколесье. Почвы: холоднодерновые, дерново-торфянистые.	Лесотундровая общность. Таежное редколесье. Почвы: глеево-подзолистые, подзолисто-иллювиальные гумусовые.
I	<6,0				Тундровая общность. Арктические пустыни, типичные тундры. Почвы: оподзоленные поверхностно-глеевые, глеево-дерновые.	

Значения радиационного баланса, взятые в скобки, отвечают крайне сухим условиям, основные значения — условиям достаточного увлажнения.

фически содержательную характеристику через два физически ясных показателя: R—радиационный баланс земной поверхности и a—полнота использования радиационного баланса в физико-географических процессах, т. е. каждая зона характеризуется определенными значениями R и a.

Ранее автором были предложены система почвенных общностей и система зональных типов растительности (Волобуев, 1953, 1963). Как синтез их получена биогеоэнергетическая система (табл. 13 и рис. 12).

Система, представленная в таблице и на рисунке, является географическим обобщением, т. е. выражает важные соотношения в географической среде в их самом обобщенном существе. Ее надо рассматривать как интегрирующее выражение зональных соотношений, представленных на земной поверхности. Поэтому биогеоэнергетическую систему можно рассматривать и как энергетическую систему почвенных общностей (глава 9). В таблице указаны лишь главные представители типов растительности и почв общностей.

В структуре биогеоэнергетической системы отразился закон: в природных комплексах, подчиненных действию двух факторов — тепла и влаги, проявление одного из факторов наиболее полно выражено при наибольшем значении другого. Проявление температурного фактора наиболее полно выражено в условиях достаточного увлажнения, тогда как дифференциация природных комплексов в связи с различиями влаги наиболее представлена в условиях максимума тепла — в экваториально-тропических условиях.

Понятно, что в этом же смысле мы можем рассматривать и систему почвенных общностей (рис. 13). Тогда генетические типы, образующие эволюционный ряд в некоторой общности, представят собой ряд тел, на образование которых затрачены последовательно возрастающие количества энергии.

ГЛАВА II

ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРЫ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ

Определение основных элементов, подразделений классификации произведем в той же последовательности, в которой были рассмотрены возможные основания генетической классификации почв (глава 3).

Остановимся на определении генетического типа почв. Конечно, оно прежде всего должно быть насыщено генетическим содержанием. Но мы считаем нужным при определении понятия типа почв учесть и требования, развиваемые в других науках в отношении формализации понятий (Бор, 1962; Клаус, 1960). Необходимо, чтобы формулировка понятия хотя бы в некоторой мере указывала, как отделить один тип от другого. Это требование должно быть увязано с экспериментально осуществимыми операциями. Наконец, нужно иметь возможность проверить формулировку посредством анализа и синтеза.

С учетом уже предлагавшихся определений, результатов их обсуждения, а также имея в виду указанные требования, предлагается следующее определение генетического типа почв: генетический тип — группы почв с однотипным строением профиля, связанных единством процессов превращения и миграции веществ, с однокачественным составом, распределением и балансом органических и минеральных веществ и однокачественно сопряженных с факторами среды.

Предлагаемая формулировка обосновывается следующими доводами.

Во-первых, она вытекает из докучаевского понимания почвы как природного тела, состоящего из системы генетических горизонтов, но при этом имеется в виду однотипность профиля, что уже является элементом абстракции и ставит задачу установления требований типизации в отношении его строения. Вместе с этим необходим учет морфологических признаков почв.

Во-вторых, указание на единство процессов определяет, что сходство в строении профиля не может быть случайным, а обусловлено генезисом, т. е. это определение не типа вообще, а именно генетического.

В-третьих, указание на однокачественность состава, распределения и баланса органических веществ требует принципов определения однокачественности, вместе с этим из него следуют признаки, в отношении которых должна быть выяснена однокачественность.

В-четвертых, определяющим является однокачественность сопряженности с факторами среды.

Как следствие из всего, практическое выделение типа возможно только после выяснения однокачественных градаций по каждому из необходимых признаков и, затем, к определенному типу могут быть отне-

сены совокупности почв, в отношении которых удовлетворяются все сформулированные выше требования; наличие хотя бы одного из них не в виде качественного своеобразия, а только в виде некоторого количественного различия уже исключает отнесение этой совокупности к категории типа (может быть, это будет подтип, вид и т. п.).

Поскольку из третьего требования вытекает необходимость установления признаков в качественно значимых градациях, то классификационные подразделения должны находиться с ними в определенном соответствии.

Из развитой выше концепции об органо-минеральных реакциях и принципиального характера подразделения их на типы (табл. 9) мы принимаем, что из частных признаков типа наиболее значимы те, которые вытекают из качественных различий почвенных органо-минеральных реакций в соответствии с установленной системой их. По нашему мнению, с каждым типом органо-минеральных реакций надо связать наиболее крупное классификационное подразделение — классы почв, сохранив за ними и наименования сопряженных типов органо-минеральных реакций. Принадлежность той или другой почвы к некоторому классу будет определяться однокачественностью ее состава (в смысле присутствия определенных компонентов — органических, минеральных, органо-минеральных с характерными соотношениями между ними) с составом, присущим данному почвенному классу.

Следующий важный признак — однокачественность распределения веществ по почвенному профилю. Хотя распределение веществ, на первый взгляд, — результат балансовых соотношений атмосферного увлажнения и иссушения, на самом деле оно контролируется жизнедеятельностью растений, во-первых, через их модифицирующее воздействие на атмосферно-грунтовые факторы увлажнения и, во-вторых, как активных агентов образования, преобразования и переноса веществ. В связи с этим решение вопроса об однокачественности характера распределения веществ по почвенному профилю следует связать с деятельностью растительных сообществ определенных формаций, приняв обоснованное выше (глава 8) подразделение почв на почвенные формации.

Но и при однокачественном вещественном составе почв и однотипном распределении веществ по профилю почвы могут существенно различаться по признаку баланса веществ в некоторой сопоставимой тол-

Таблица 14

Схема «блока» классификации

Класс почвы	Почвенные формации	Почвенные общности		
		Черноземная	Каштаново-земная	Сероземная
Сиаллитный кальциевонасыщенный	Примитивная	—	—	—
	Дерновая	Чернозем	Каштановая	Бурая пустынно-степная
	Лесная	Темно-серая лесная	Серо-каштановая	—
	Паралуговая	—	—	—
	Влажнолуговая	—	—	—
	Лесо-луговая	—	—	—
	Травяно-болотная	—	—	—
	Лесо-болотная	—	—	—
	Торфяно-болотная	—	—	—
	Солончаковая	—	—	—

Класс почвообразования	Почвенные						
	1. Тундровая	2. Лесотундровая	3. Холодноподзолистая	4. Светлоземная	5. Серозем-ная	6. Каштановоземная	7. Черноземная
A. Примитивный	A1.1′2			A4.1′.2	A5.1′.1.″		
B. Щелочной						B6.2.5	B7.2
C. Сиаллитно-оглиненный щелочнодеградационный				C4.2	C5. 2		
D. Феррсиаллитный щелочнодеградационный							
E. Щелочноопесчаненный							
F. Аккумулятивноизвестковый				F4.2. 3	F5.2	F6. 2. 3	
G.							
H.							
I. Феррсиаллитный обызвесткованный							
J. Гуматноизвестковый							
K. Сиаллитный кальциевонасыщенный					K5.2.5.	K6.2.5.6	K7.2.3.5
L. Слитноглинный						L6.2	L7.2
M. Феррсиаллитный известковый						M6.3	
N. Сиаллитный кальциевовыщелоченный							N7.2.3
O. Глинный кальциевовыщелоченный				O4. 2	O5.2		
P. Феррсиаллитный выщелоченный							
Q.							
R. Глинный насыщенный						R6.3	
S. Ферраллитный насыщенный							
T. Сиаллитный ненасыщенный	T1.2	T2.3	T3.2.3				T7.3
U. Глинный ненасыщенный							U7.2
V. Ферритный ненасыщенный							
W. Гумусовоопесчаненный							
X. Сиаллитный глеевый насыщенный							
Y. Глинно-глеевый насыщенный							
Z. Сиаллитный глеевый ненасыщенный	Z.I. 2. 3. 9	Z2. 3. 5. 9					
Г. Глинно-глеевый ненасыщенный	Г1.2						
Ж. Аллитный насыщенный							
Б. Аллитный ненасыщенный							
Д. Глеево-опесчаненный							
Л. Сиаллитный глеево-щелочной							Л7. 3
П. Грубогумусово-торфянистый	П1.9		П3. 9		П5.7		П7.7.9
Ш. Болотно-солончаковый							
Э. Солончаковый					Э5.10	Э6.10	

ще. Для подразделения почв в этом отношении мы имеем все основания воспользоваться системой почвенных общностей.

В заключительной части определения предусматривается однокачественная сопряженность с факторами среды. После только что разъясненного относительно учитываемых признаков вещественного состава становится понятным, что признаки связи с факторами среды как бы дополняют первые. Они должны использоваться с учетом данных почвенно-экологических исследований, которые устанавливают их качественно значимые градации.

Несомненный успех при использовании в ряде работ признаков среды для обоснования определения типа почв обусловливался наличием действительно органической связи между почвой и факторами среды. Но этот подход не мог быть в должной мере эффективным, так

Таблица 15

почв мира

общности

Дерново-подзолистая	9. Коричневоземная	10. Желтоземная	11. Пустынно-тропическая	12. Светло-красноземная	13. Сухосаванновая	14. Красно-буроземная	15. Красноземная
B9.2			A11′.I″.I‴ B11.2				
			D11.2				
			F11.2.5к				
			I11.2				
J8.3	J9.3						
	K9.6		K11.5	K12.5	K13.5.6	K14.5.6.	K15.5.6
	L9.2.4			L12.4	L13.4	L14.2.4	L15.4
	M9.2		M11.2	M12.2			
N8.2							
				P12.3	P13.2		
R8.3	R9.2.3.5.6					R14.3	RV15.3.4
T8.2.3		T10.3.6					
U8.2.3	U9.2	U10.3				U14.3	V15.2.3
		V10.2,3			V13.2	V14.2	Vл15.3
W8.3							
	Y9.2						Z15.6
Г8.3		Г10.3					
					ДР13.2	Ж14.3	
		Б10.3		Б12.5			Б15.2.0
					П13.10	Д14.6	Бл15.3
						ДР14.3	Д15.3.5
П8.3.9		П10.7.9					
Э8.10			Э11.10		Э13.11		

как мало опирался на исследование закономерностей связей. Развитие почвенно-экологических исследований и правильное использование их результатов могло бы обеспечить такое положение, когда учет факторов среды стал бы в известной степени корректирующим методом при использовании прямых признаков вещественного состава.

Таковы главные основания для построения классификации почв. Для пояснения ее структуры рассмотрим один из ее «блоков» и при этом покажем, что предлагаемая структура классификации, по сути дела, включает и такое важное понятие генетического почвообразования, как тип почвообразования. В качестве примера возьмем класс почв, связанный с сиаллитным кальциевонасыщенным типом органо-минеральных реакций, дерновую и лесную почвенные формации (табл. 14).

Как видим из таблицы, последовательное членение: класс почв —

почвенная формация — почвенная общность привело к вполне ясному определению места в классификации взятых генетических типов почв.

Но представленный в таблице ряд из генетических типов дернового происхождения является тем же, что уже выделялся К. Д. Глинкой (1931) как ряд почв, относящихся к одному типу почвообразования— степному. Аналогичным образом могли бы быть сопоставлены подзолистый и латеритный типы почвообразования К. Д. Глинки. Это дает нам основание рассматривать как относящиеся к одному типу почвообразования почвы, принадлежащие к одному классу. Можно сказать, что генетические типы возникают как следствие различий в проявлении того или иного типа почвообразования в качественно своеобразных биоклиматических условиях.

В связи с этим, конечно, должно быть значительно расширено число типов почвообразования, которые надо иметь в виду. Но напомним, что К. Д. Глинка, формулируя понятие типа почвообразования, делал оговорку, связывающую число выделяемых им типов с состоянием знаний в этой области: «Поскольку нам известны до сих пор почвенные процессы земной поверхности, мы можем наметить пока пять основных типов почвообразования, более или менее различающихся между собой» (1931, стр. 311).

Особенности того или другого типа почвообразования, полагаем, наиболее полно проявляются в случае почв генетически самостоятельных формаций (дерновой или лесной). Но и почвы генетически сопряженных формаций также будут обладать признаками своеобразия, обусловленными развитием соответствующего типа почвообразования.

Сделанные разъяснения имели целью показать, в каком смысле предлагаемой классификацией предусматривается использовать понятие «тип почвообразования», жизненность которого подтверждена предшествующей историей почвоведения.

В итоге нами предлагается система классификации почв, представленная в табл. 15. В ней даны классы почв, почвенные общности. Генетические типы, относимые к той или другой почвенной формации, размещаются в соответствующих местах классификационного поля и обозначаются буквенными и цифровыми индексами.

Предлагая классификационную систему, автор полагает, что основания, на которых она построена, заключают также предпосылки и к рациональному решению задач отнесения тех или других почв к некоторому генетическому типу. Какие именно диагностические критерии должны быть при этом приняты во внимание, показано в табл. 16.

Наконец, остановимся еще на вопросе индексировки почв. Последовательная структура предлагаемой классификации создает основу и для рациональной номенклатуры и индексировки почв. В самом деле, если мы обозначим классы почв двумя цифрами — соответствующими порядковым номерам качественного вида гумуса и фаз минеральных преобразований в почве, или придадим классам почв буквенные индексы (прописные), присвоенные соответствующим типам органо-минеральных реакций (табл. 9), примем порядковые номера почвенных формаций, пронумеруем в некоторой последовательности почвенные общности, то мы сможем в простом символе строго показать положение почвы в классификационной схеме. Например, черноземам, согласно табл. 16 и табл. 9, можем придать индекс: 4.3.7.2 или К7.2, т. е. в последовательности: символ класса (две первые цифры или буквенное обозначение), символ почвенной общности, символ почвенной формации (все цифровые индексы отделяются точкой); краснозем влажнотропический будет иметь индекс 4.5.15.3 или V15.3. Таким образом, серия из 4 цифр или

Таблица 16

Основные диагностические критерии при выделении генетических типов почв

I. Качественные виды гумуса

1. ФГФNa — фульватно-гуматный и гуматно-фульватный натриевонасыщенный
2. ФГФNCa—фульватно-гуматный и гуматно-фульватный натрий-кальциевонасыщенный
3. ГГФСа — гумино-гуматно-фульватный магний-кальциевонасыщенный
4. ФГСа — фульватно-гуматный магний-кальциевонасыщенный
5. ФГН — фульватно-гуматный ненасыщенный
6. ГФСа — гуматно-фульватный магний-кальциевонасыщенный
7. ГФН — гуматно-фульватный ненасыщенный
8. ФГРСа — фульватно-гуматный и гуматно-фульватный редуктивный магний-кальциевонасыщенный
9. ФГРН — фульватно-гуматный и гуматно-фульватный редуктивный ненасыщенный
10. ФГРNa — фульватно-гуматный и гуматно-фульватный редуктивный натриевонасыщенный
11. ГТ — грубогумусово-торфянистый

II. Фазы минеральных преобразований в почве

1. КП — каменисто-песчаная
2. ОБ — обызвесткованная
3. СА — сиаллитная
4. ГЛ — глинная
5. ФА — ферраллитная
6. ОП — опесчаненная
7. ХС — хлоридно-сульфатная

III. Почвенные формации (тип биологического круговорота)

1. ПР — примитивная
2. ДР — дерновая
3. ЛС — лесная
4. ПЛ — паралуговая
5. ФА — ферраллитная
6. ЛЛ — лесолуговая
7. ТБ — травяно-болотная
8. ЛБ — лесо-болотная
9. ТФ — торфяно-болотная
10. СЧ — солончаковая

IV. Почвенные общности

1. Тундровая
2. Лесотундровая
3. Холоднодерновая
4. Светлоземная
5. Сероземная
6. Каштановоземная
7. Черноземная
8. Дерново-подзолистая
9. Коричневоземная
10. Желтоземная
11. Пустынно-тропическая
12. Светло-красноземная
13. Сухосаванновая
14. Красно-буроземная
15. Красноземная

буквенного индекса и 2 цифр служит ясным диагностическим ключом типа.

Предложенная индексация дает возможность в необходимых случаях и более расширенно представить генетическую характеристику почв. Например, при переходном характере некоторой почвы берутся 2 соответствующих индекса, соединенные дефисом. Если же надо отразить наличие признаков былой стадии почвообразования, включается соответствующий индекс, но взятый в скобки. Подтиповые особенности в случае наличия признаков другого типа отражаются соответствующей малой буквой справа от основного символа (например, чернозем солонцеватый — $К_в 7.2$). Следовательно, классификация позволяет охватить и почвы, несущие признаки другого типа педогенеза.

Практически диагностика должна решаться с применением координатного метода диагностики почв и эколого-генетического анализа почвенного покрова.

ЧАСТЬ II

КООРДИНАТНЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ПОЧВ

ГЛАВА 12

ОСНОВЫ КООРДИНАТНОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ ПОЧВ

Вопросы диагностики почв неизменно остаются в центре внимания почвоведов. Причин для этого много. Почвенные съемки охватывают районы с малоизученными или вообще неизученными почвами. Надежные методы определения генетической принадлежности почв нужны большому числу молодых почвоведов. В острой постановке вопросов, относящихся к диагностике почв, нашли отражение и факторы, связанные с тем, что проблема генетической классификации почв до сих пор не получила удовлетворительного решения. Все это делает понятной актуальность задачи разработки рациональных методов диагностики почв и наличие ряда попыток, предпринимаемых в этом направлении.

В настоящее время при диагностике почв прибегают к разным методам. Довольно обычен визуально-сравнительный метод, или метод «очевидцев», при котором решающее значение придается личным наблюдениям исследователя. Несомненно, почвовед, имевший возможность осматривать большое число региональных объектов, получает больше возможностей для сравнительных сопоставлений и диагностических заключений. Но такой метод не может быть общим, тем более что в этом случае значителен риск субъективных суждений.

Широко применяют метод, который можно определить как метод типовых разрезов, когда вопрос о принадлежности исследуемой почвы к некоторому типу решается сопоставлением морфологических признаков и аналитических данных конкретного разреза с хорошо изученными разрезами из районов основного распространения или характерного выражения известного типа почв. Этот метод более объективен, чем предыдущий, хотя и здесь сохраняется некоторый элемент субъективности в выборе «типичного» разреза.

Имеется метод обобщенных типовых характеристик, основанный на описании структуры почвенного профиля, приведении средних значений и пределов колебаний основных признаков и др. Он опирается на широкое использование материалов по описанию почвенных типов. Работу в этом направлении ведут главным образом в Почвенном институте им. В. В. Докучаева, но она еще не завершена.

Предложен также метод диагностики по дихотомическому принципу, когда в определенной последовательности учитывают ряд признаков, все более уточняющих таксономическое положение почв. Этот метод, например, был использован И. В. Лариным (1953) для диагностического определения почв междуречья Волги и Урала с учетом данных морфологии почв и растительного покрова. Метод дихотомического поиска использован в классификации почв Департамента земледелия США («7-е приближение»). При диагностике почв по этой системе учитывает-

ся характер поверхностного и подповерхностного горизонтов почв, содержание в них ила, величина pH, среднегодовая температура почв и др.

Применительно к этой классификации сделан опыт использования «числовой» диагностики почв (Bidwell, Marcus, Sarkar, 1964) с помощью электронно-вычислительной машины. Установление 61 почвенной характеристики с последующим их отбором было использовано для расчета численных индексов сходства для 26 почв, представителей 9 больших мировых групп. Было исследовано изменение численных показателей соотношения между почвами при изменении числа и выбора почвенных признаков.

Английскими почвоведами на Ротамстедской опытной станции также проведена работа по диагностике некоторой региональной группы почв на основе «числового» метода с использованием вычислительной машины (Rayner, 1966). Близость почв при этом определяли путем предварительного числового кодирования их свойств (основные признаки морфологии горизонтов и ряд лабораторных определений) и нахождения затем числовых индексов степени сходства между изученными почвами.

Возможность применения числового анализа и концепции Адансона показана также на примере почв Австралии (Moore, Russel, 1966; Russel, Moore, 1967).

Своеобразный метод числовой диагностики, известный в Польше как «Вроцлавская таксономия», применили для целей диагностики почв З. Прусинкевич и Т. Калинский (Prusinkewiez i Calinski, 1963, 1964). Авторами разработан и проверен состав статистических методов, пригодных для решения задач почвенной систематики. Ими обнаружена высокая диагностическая ценность анализов по составу гумуса.

Как видим, в практике диагностики почв находят применение разные методы. Однако ни один из них не является достаточно совершенным и, следовательно, дальнейшие поиски вполне оправданы.

Разработка рациональной диагностики почв может быть успешной при соблюдении следующих 3 условий: диагностика должна опираться на генетически обоснованную классификацию почв; практические методы диагностики должны наиболее полно использовать накопленный огромный фактический материал по характеристике типов почв; примененные методы диагностики почв должны создавать возможность, по мере накопления фактических диагностических данных по уже известным типам почв, осуществлять также диагностику еще не описанных типов почв.

Решение проблемы диагностики почв в соответствии с указанными условиями может быть успешно достигнуто на основе использования предложенной автором классификации почв и применения координатного метода представления и анализа почвенных характеристик.

Классификация почв, как показано выше, построена на учете в процессах почвообразования характерных органо-минеральных реакций. В идее об определяющем значении в процессах образования почв природы органо-минеральных реакций лежат предпосылки к количественной оценке характерных свойств почвенной массы. Морфология почв, отражающая дифференциацию веществ по почвенному профилю, также может быть рационально учтена. Наконец, подлежат количественной оценке и закономерные связи почв со средой.

Основным практическим приемом в координатном методе диагностики почв является использование двух- и трехвекторных графиков (вариаграммы), на которых точечными отметками выставляют данные по тем или другим почвенным характеристикам. Этот метод позволяет использовать все богатство имеющихся фактических материалов и вме-

сте с тем вполне наглядной и хорошо обозримой форме выполнить сравнительную оценку как типичных значений почвенных характеристик, так и их крайних или переходных значений. Другими словами, координатный метод позволяет как бы моделировать процесс диагностики, который опытный почвовед выполняет мысленно, зачастую подсознательно, охватывая и перебирая в памяти известную ему информацию по тому или другому признаку и типу почв.

Но это только первый этап разработки диагностики. Для более строгого сопоставления полей варьирования признаков по отдельным типам почв графики расчленяют на характерные частные поля, нумеруемые в определенной последовательности и служащие своего рода кодом.

Далее выявляют «диагностическую цену» каждого частного кодового поля варнаграммы в отношении принятых во внимание генетических типов почв. На основе этих данных составляют диагностические таблицы.

Чтобы более полно разъяснить принципы метода, показать практическое применение и выявить возможности его, целесообразно вначале показать конкретные приемы применения метода, затем дать все подготовленные координатные графики и кодовые таблицы по гумусу, содержанию карбонатов (CO_2), pH почв, содержанию частиц <0,001 *мм*, далее — использовать для диагностических целей анализы по групповому и фракционному составу гумуса, по их минеральной части и, наконец, практически проверить возможность диагностики на уровне основных структур классификации.

Сделан также опыт использования для диагностики почв морфологических признаков (глава 15).

Переходя к более подробному разъяснению принципа координатного метода диагностики почв, укажем, что при использовании данных, характеризующих вещественный состав почв, возник вопрос о слое почвы, который должен быть принят во внимание. Правильнее всего было бы иметь профильную характеристику по каждому признаку. Но это зачастую невыполнимо из-за чрезвычайной ограниченности опубликованных профильных данных по некоторым признакам (например, анализы состава гумуса по методу И. В. Тюрина в большинстве случаев приводятся лишь для верхнего слоя 0—20 *см*). Однако и при достаточном обилии профильных данных сколько-нибудь детальная типизация почвенных профилей на объективных и ясных началах оказывается делом весьма сложным.

Между тем имеется, как нам представляется, вполне обоснованная возможность отразить генетически важные профильные изменения того или другого диагностического признака, приняв во внимание значения их в слоях 0—20 и 20—100 *см*. Верхний 20-сантиметровый слой почвы наиболее биологически активен, в нем сосредоточена большая часть запасов гумуса и этот слой в большинстве случаев отвечает элювиально-аккумулятивным горизонтам. К слою же 20—100 *см* зачастую приурочен иллювиальный слой, по крайней мере в его значительной части. Выражение значений соответствующих признаков по слоям 0—20 и 20—100 *см*, можно сказать, является предельно лаконичной характеристикой профильных различий. Наконец, в определенных случаях могут быть взяты средние данные для слоев 0—60 и 0—100 *см*.

Для целей диагностики использованы следующие аналитические характеристики: содержание гумуса в слоях 0—20, 0—60, 20—100 *см*; содержание CO_2 в слоях 0—20 и 20—100 *см*; содержание частиц <0,001 *мм* в слое 0—20 *см* и наибольшее значение их в слое 20—100 *см*; pH в слоях 0—20 и 20—100 *см*; групповой и фракционный состав гумуса (по методу Тюрина); данные валового анализа.

При учете группового и фракционного состава гумуса приняты во внимание процентные соотношения в слое 0—20 *см* гуминовых кислот, фульвокислот и всех других компонентов (в основном гуминов); фр. 1 + 1а, 2 и всех других, а также соотношения гуминовые кислоты : фульвокислоты и фр. 2 : 1 + 1а.

Данные по валовому составу использованы пока только в части содержания SiO_2, Al_3O_2, Fe_2O_3. При этом вычисляли отношения Si/R и

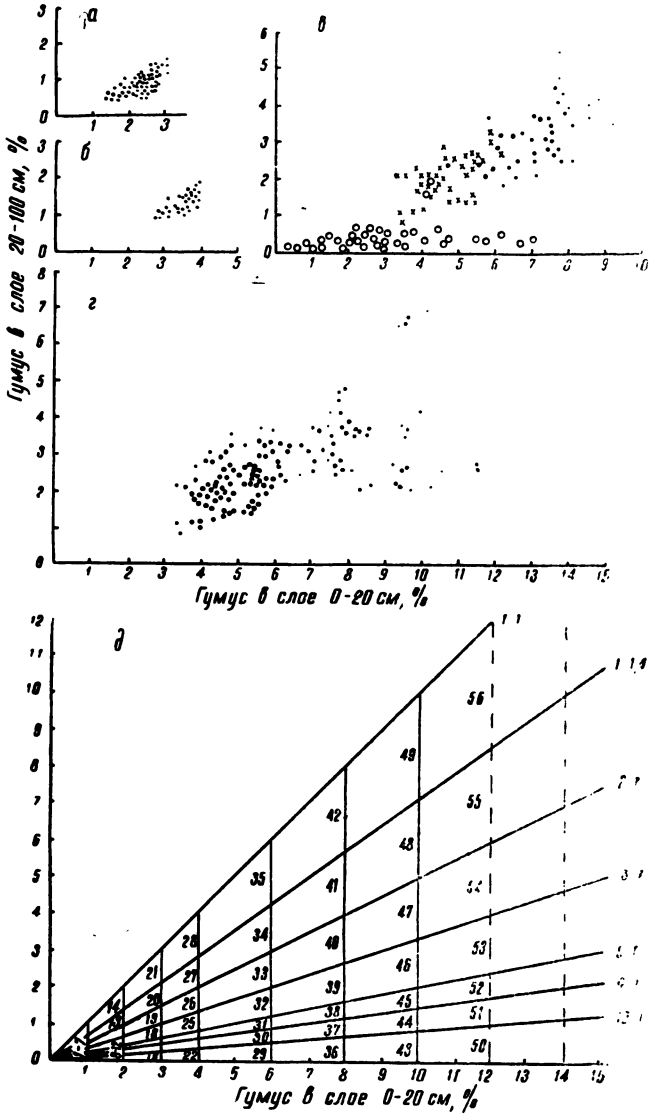


Рис. 14. Распределение отметок содержания гумуса в почвах в слоях 0—20 и 20—100 *см* и кодовый график по гумусу
а—каштановые; *б*—темно-каштановые; *в*—черноземы: южные (×), обыкновенные (●), дерново-подзолистые (○); *г*—все черноземы (учтенные при обработке); *д*—график для кодирования почв по содержанию гумуса в слоях 0—20 и 20—100 *см* (номера кода проставлены на поле графика—1—56), справа указаны величины соотношения в содержании гумуса в слоях 0—20 и 20—100 *см*

$Al_2O_3 : Fe_2O_3$ и принимали во внимание как их значения порознь, так и в сочетании, притом для слоя 0—100 *см* и по изменению в профиле почвы (максимум—минимум).

На основе гидротермической системы (рис. 11) составлена также таблица вероятностей значимости климатических условий. Применение координатного метода диагностики проверено на примере 8 типов почв (сероземы, каштановые, черноземы, серые лесные, дерново-подзолистые и подзолы, бурые лесные, коричневые, желтоземы). Проверена также возможность диагностики на уровне подтипов.

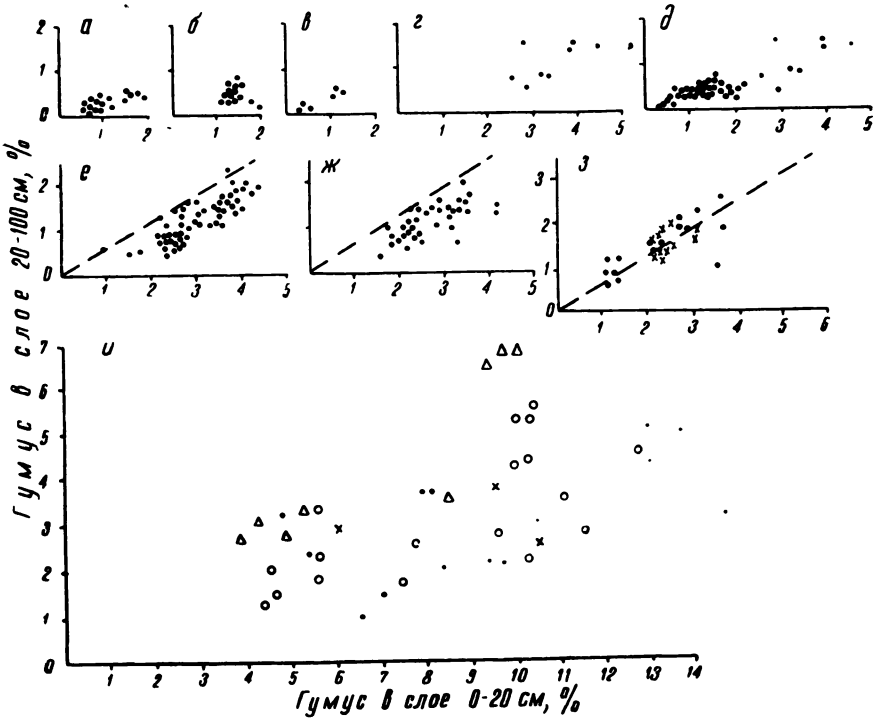


Рис. 15. Распределение отметок содержания гумуса в почвах в слоях 0—20 и 20—100 *см*

Сероземы: *а*—светлые; *б*—типичные; *в*—малокарбонатные; *г*—темные; *д*—всех подтипов; *е*—каштановые (все), *ж*—«серо-коричневые»; *з*—смолницы и черные тропические (●) серо-коричневые слитые (×); *и*—черноземы: мощные (△), выщелоченные (○), оподзоленные (●), деградированные (×)

Конкретное пояснение сущности метода дано на примере составления диагностических таблиц по содержанию гумуса в слоях 0—20 и 20—100 *см*, которое состояло в следующем.

Первоначально по данным содержания гумуса из работ разных авторов составляли графики профильного распределения гумуса в исследованной толще. Затем графически определяли среднее содержание гумуса в слоях 0—20 и 20—100 *см*. Так обработаны данные, например, по 54 разрезам сероземов, 116 — каштановых почв, 171 — черноземов, 39 — серых лесных почв и др. По найденным значениям содержания гумуса выставлены точечные отметки на графике с абсциссой — содержание гумуса в слое 0—20 *см* и ординатой — содержание гумуса в слое 20—100 *см*. На рис. 14 хорошо видно, что точечные отметки по каждому типу почв образуют вполне компактные поля распределения. Более того, в пределах поля распределения отметок для того или другого типа почв обособляются поля отметок по основным подтипам. Это ясно обнаружено в случае светлых, типичных и темных сероземов, каштановых и темно-каштановых почв, подтипов черноземов и др.

На особенностях распределения отметок по отдельным подтипам почв полезно остановиться особо (рис. 14, 15, 16).

Вполне четко обособляются подтипы черноземов — обыкновенные, южные, оподзоленные и выщелоченные, мощные (рис. 14, 15).

Темные сероземы (рис. 15, *г*) по содержанию в них гумуса очень далеко отходят от других подтипов их, что, очевидно, может свидетельствовать о необходимости выделения темных сероземов в самостоятельный тип.

Рой отметок по темно-каштановым почвам явно смещен в сторону большего гумусосодержания сравнительно с каштановыми почвами. Наряду с этим, отметки по так называемым «серо-коричневым» почвам (рис. 15, *ж*), выделяемым в Азербайджане некоторыми авторами, никаких отличий от каштановых почв не обнаруживают (что хорошо видно из сопоставления скопления отметок по отношению к некоторой радиальной линии, показанной пунктиром).

Смолницы же, черные тропические, серо-коричневые слитые (Азербайджан) почвы, при довольно близком общем содержании гумуса с каштановыми, явно отличаются гораздо более глубоким распространением его по почвенному профилю (рис. 15, *з*). Эта особенность указанных почв находит объяснение в эффекте «перемешивания» слоев почвы в связи со склонностью их к большому набуханию и растрескиванию при иссушении.

Среди серых лесных почв достаточно четко отличимы светло-серые и оподзоленные от темных (рис. 16, *а*), а все вместе серые лесные по содержанию гумуса в основной своей массе отличаются от дерново-подзолистых почв (рис. 14, *в*).

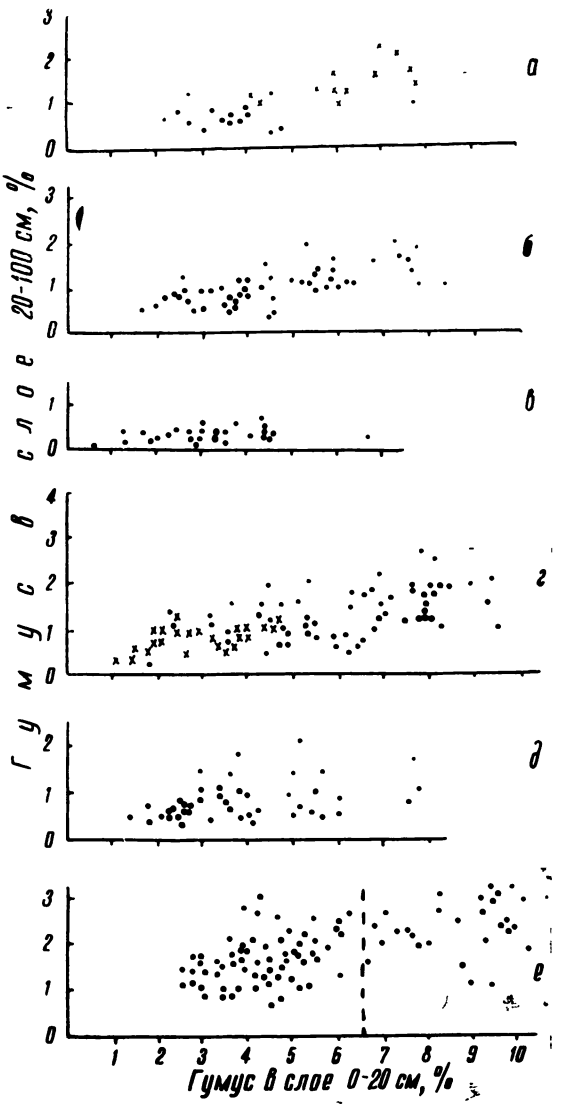


Рис 16. Распределение отметок содержания гумуса **в почвах в слоях 0—20 и 20—100 *см***

а—серые лесные: светло-серые и оподзоленные (●), темные (×); *б*—серые лесные (все); *в*—подзолистые, *г*—бурые лесные оподзоленные (×), все другие (●); *д*—желтоземы, *е*—коричневые

Распределение гумуса в бурых лесных почвах довольно сходно с таковым в серых лесных, при этом бурые лесные оподзоленные почвы по распределению гумуса стоят ближе к серым лесным оподзоленным и светло-серым, чем к собственно подзолистым почвам.

Последовательные этапы составления диагностической таблицы по содержанию гумуса
Сл — серые лесные, П — подзолистые, Бл — бурые

Код	Распределение															
	Исходных разрезов								В % к сумме разрезов							
	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2—3	3	—	—	—	1	—	—	—	6	—	—	—	3	—	—	—
4	4	—	—	—	1	—	—	—	8	—	—	—	4	—	—	—
5	8	—	—	—	—	—	—	—	16	—	—	—	—	—	—	—
6	2	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	1	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	3	—	—	—
10	1	—	—	—	1	—	—	—	2	—	—	—	3	—	—	—
11	10	3	—	2	2	3	—	1	20	2	—	5	6	4	—	2
12	11	9	—	—	1	2	—	2	22	8	—	—	3	2	—	4
13	1	3	—	—	—	1	—	—	2	3	—	—	—	1	—	—
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	9	—	—	—
16	—	—	—	—	3	—	—	2	—	—	—	—	9	—	—	2
17	1	—	—	1	3	1	—	3	2	—	—	2	10	1	—	3
18	2	14	—	2	3	3	1	23	4	12	—	5	10	4	1	23
19	1	36	—	2	—	1	5	2	2	31	—	5	—	1	5	2
20	—	8	—	—	—	—	3	2	—	7	—	—	—	—	3	2
21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—
23	—	—	—	—	2	—	—	5	—	—	—	—	6	—	—	5
24	—	—	—	3	1	4	—	5	—	—	—	8	4	5	—	5
25	2	8	2	5	—	4	7	11	4	7	1	13	—	5	7	11
26	2	23	5	1	—	2	10	5	4	20	3	3	—	2	10	5
27	—	7	4	—	—	—	3	2	—	6	2	—	—	—	3	2
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—
30	—	—	—	1	2	6	—	14	—	—	—	2	6	7	—	14
31	—	—	1	3	1	5	4	9	—	—	1	2	3	6	4	9
32	1	—	13	8	—	9	9	5	2	—	8	21	—	11	9	5
33	1	4	32	1	—	4	16	4	1	3	19	3	—	5	16	2
34	—	1	26	1	—	—	8	—	—	1	15	3	—	—	8	—
35	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
36	—	—	—	—	3	1	—	—	—	—	—	—	9	1	—	—
37	—	—	—	1	1	4	—	2	—	—	—	2	3	5	—	2
38	—	—	1	2	—	4	1	2	—	—	1	5	—	5	1	2
39	—	—	9	4	—	12	7	—	—	—	5	10	—	15	7	—
40	—	—	15	1	—	2	4	—	—	—	9	3	—	2	4	—
41	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—
42	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
43	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
44	—	—	—	—	—	2	1	2	—	—	—	—	—	3	1	—
45	—	—	1	—	—	3	2	—	—	—	1	—	—	4	2	—
46	—	—	7	1	—	7	11	—	—	—	4	3	—	9	11	—
47	—	—	16	—	—	1	3	—	—	—	9	—	—	1	3	—
48	—	—	7	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—
49	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
50—51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
52	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	2	—
53	—	—	6	—	—	—	2	—	—	—	3	—	—	—	2	—
54	—	—	6	—	—	—	1	—	—	—	3	—	—	—	1	—
55	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
Σ	51	116	171	39	32	82	105	—	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 17.

в слоях 0—20 и 20—100 *см* (С — сероземы, К— каштановые, Ч —черноземы, лесные, Кч — коричневые, Ж — желтоземы)

Индексы вероятности								Вероятность в двоичном выражении							
С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж
—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
67	—	—	—	33	—	—	—	1	0	0	0	1	0	0	0
67	—	—	—	33	—	—	—	1	0	0	0	1	0	0	0
100	—	—	—	—	—	—	—	1	0	0	0	0	0	0	0
100	—	—	—	—	—	—	—	1	0	0	0	0	0	0	0
—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
25	—	—	—	75	—	—	—	1	0	0	0	1	0	0	0
40	—	—	—	60	—	—	—	1	0	0	0	1	0	0	0
52	5	—	13	15	10	—	5	1	1	0	1	1	1	0	1
56	21	—	—	8	5	—	10	1	1	0	0	1	1	0	1
33	50	—	—	—	17	—	—	1	1	0	0	0	1	0	0
—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
—	—	—	—	100	—	—	—	0	0	0	0	1	0	0	0
—	—	—	—	82	—	—	18	0	0	0	0	1	0	0	1
11	—	—	11	56	6	—	16	1	0	0	1	1	1	0	1
7	20	—	8	17	7	2	39	1	1	0	1	1	1	1	1
4	68	—	11	—	2	11	4	1	1	0	1	0	1	1	1
—	58	—	—	—	—	25	17	0	1	0	0	0	0	1	1
—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
—	—	—	—	100	—	—	—	0	0	0	0	1	0	0	0
—	—	—	—	55	—	—	45	0	0	0	0	1	0	0	1
—	—	—	36	18	23	—	23	0	0	0	1	1	1	0	1
8	15	2	27	—	10	15	23	1	1	1	1	0	1	1	1
8	44	6	6	—	4	21	11	1	1	1	1	0	1	1	1
—	47	15	—	—	—	23	15	0	1	1	0	0	0	1	1
—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
—	—	—	—	100	—	—	—	0	0	0	0	1	0	0	0
—	—	—	7	21	24	—	48	0	0	0	1	1	1	0	1
—	—	3	26	10	19	13	29	0	0	1	1	1	1	1	1
3	—	14	38	—	20	16	9	1	0	1	1	1	1	1	1
2	6	39	6	—	10	33	4	1	1	1	1	0	1	1	1
—	4	55	11	—	—	30	—	1	1	1	1	0	1	1	0
—	—	100	—	—	—	—	—	0	1	0	1	0	0	0	0
—	—	—	—	90	10	—	—	0	0	0	0	1	1	0	0
—	—	—	17	25	41	—	17	0	0	0	1	1	1	0	1
—	—	7	36	—	36	7	14	0	0	0	1	1	1	0	1
—	—	13	26	—	41	20	—	0	0	0	1	1	1	1	1
—	—	50	17	—	11	22	—	0	0	0	1	1	0	1	0
—	—	100	—	—	—	—	—	0	0	0	1	0	0	0	0
—	—	100	—	—	—	—	—	0	0	0	1	0	0	0	0
—	—	—	—	—	100	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
—	—	—	—	—	75	25	—	0	0	0	0	0	1	1	0
—	—	14	—	—	58	28	—	0	0	0	1	0	1	1	0
—	—	15	11	—	33	41	—	0	0	0	1	1	1	1	0
—	—	69	—	—	8	23	—	0	0	0	1	0	0	1	0
—	—	100	—	—	—	—	—	0	0	0	1	0	0	0	0
—	—	100	—	—	—	—	—	0	0	0	1	0	0	0	0
—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
—	—	—	—	—	—	100	—	0	0	0	0	0	0	1	0
—	—	60	—	—	—	40	—	0	0	0	1	0	0	1	0
—	—	75	—	—	—	25	—	0	0	0	1	0	0	1	0
—	—	100	—	—	—	—	—	0	0	0	1	0	0	0	0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Обращает на себя внимание довольно широкое изменение содержания гумуса в коричневых лесных почвах. Можно думать, что отметки, лежащие на графике (рис. 16, *е*) вправо от пунктирной линии, принадлежат собственно коричневым лесным почвам, тогда как лежащие влево от нее — коричневым послелесным, находящимся в сельскохозяйственном использовании.

Дальнейшая обработка данных по содержанию гумуса велась по типам почв, без внутритипового подразделения, но приведенное выше свидетельствует, что аналогичная проработка с учетом подтиповых различий также может быть полезной для диагностических целей.

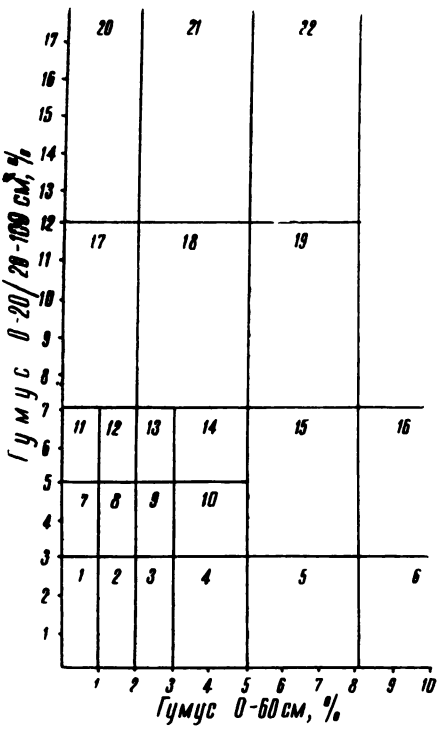


Рис. 17. График для кодирования почв по величине соотношения содержания гумуса в слоях 0—20 и 20—100 *см* и в слое 0—60 *см*

Конечно, поля отметок для отдельных типов почв на графиках частично взаимно перекрываются. Тем не менее даже при наложении на общий график можно заметить преобладание отметок того или другого типа в определенных его частях. Можно было принять, что отдельные части поля общего графика наиболее характерны для определенных типов почв, тогда как другие его части имеют только относительную характеристичность.

Чтобы получить возможность оценить эту относительную характеристичность отдельных частей графика в отношении рассматриваемых типов почв, использован следующий прием. Общее поле графика расчленено вертикальными линиями соответственно некоторым градациям содержания гумуса в слое 0—20 *см* и радиальными линиями соответственно изменению соотношения содержания гумуса в слоях 0—20 и 20—100 *см*. Таким образом, общее поле графика оказалось расчлененным на 56 отдельных полей, которые, будучи последовательно пронумерованы, дали возможность кодировать отметки содержания гумуса по отдельным почвенным разрезам (рис. 14, *д*).

При этом на некоторые частные (кодовые) поля ложатся отметки только для одного типа. Но таких полей немного. Чаще на каждое частное поле приходятся отметки для двух и более типов почв, но с разным соотношением.

Суммированием процентных чисел по каждому частному полю и затем переводом их в проценты к этой сумме определен индекс вероятности, или диагностическая «цена» отдельных частных полей в отношении изученных типов почв (табл. 17). Другими словами, если отметка по какому-то типу почв пришлась на некоторое частное поле, она получает кодовый номер и мы можем по диагностической таблице или однозначно определить принадлежность рассматриваемой почвы к одному из типов или же найти относительную вероятность принадлежности ее к тем или другим типам (в данном случае по содержанию гумуса).

В табл. 17 данные представлены также в двоичном выражении, когда единица указывает на возможную принадлежность исследуемой почвы к некоторому типу, а ноль — на то, что эта почва не может быть отнесена к какому-то типу.

Автор далек от утверждения, что учет содержания гумуса в слоях 0—20 и 20—100 *см* дает исчерпывающее представление об особенностях распределения гумуса в почвенном профиле. Чтобы сделать оценку распределения гумуса по почвенному профилю еще более полной, сопоставлено также содержание гумуса в слое 0—60 *см* с отношением содержания гумуса в слоях 0—20 и 20—100 *см*. Эта дополнительная характеристика оказалась весьма полезной (рис. 17).

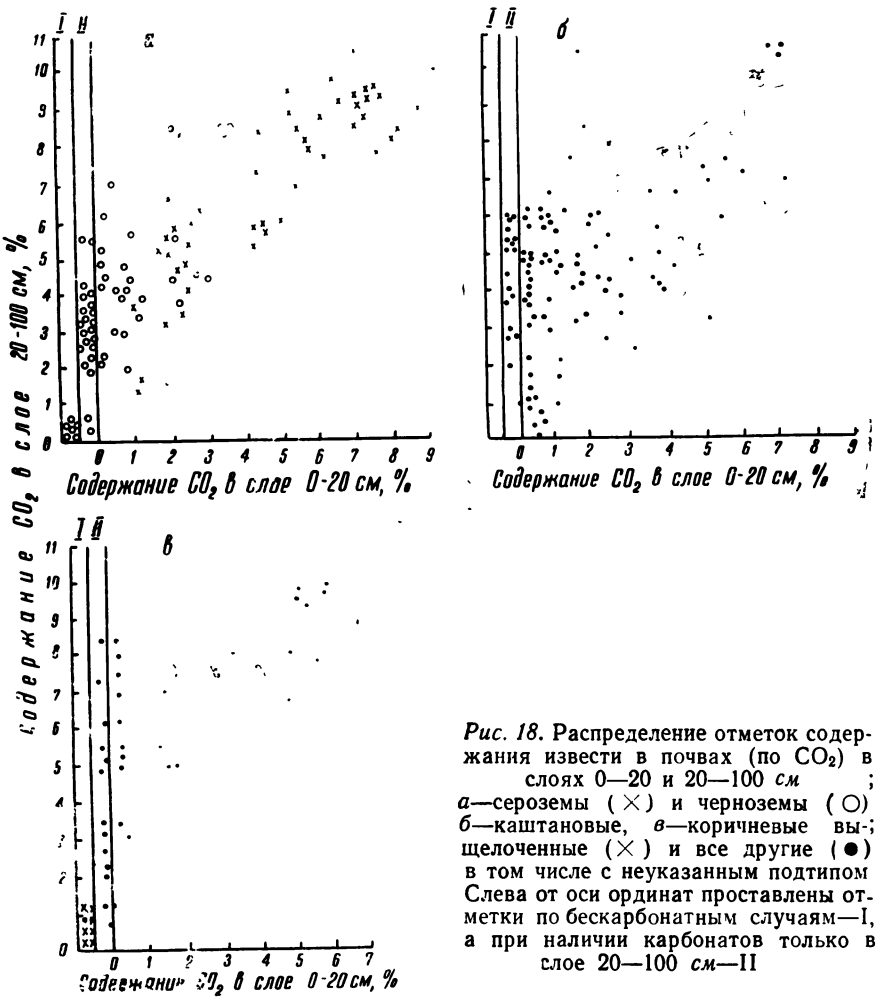


Рис. 18. Распределение отметок содержания извести в почвах (по CO_2) в слоях 0—20 и 20—100 *см*; *а*—сероземы (×) и черноземы (○) *б*—каштановые, *в*—коричневые выщелоченные (×) и все другие (●) в том числе с неуказанным подтипом Слева от оси ординат проставлены отметки по бескарбонатным случаям—I, а при наличии карбонатов только в слое 20—100 *см*—II

Аналогичным образом обработаны данные о величине CO_2, были лишь добавлены 2 условных поля: поле I, куда отнесены разрезы, вообще не содержащие карбонатов, и поле II — с разрезами, содержащими некоторые количества карбонатов лишь в слое 20—100 *см*. Разбивка сетки также имеет свои особенности. Хотя отметки на графике содержания CO_2 и распределены довольно разбросанно, тем не менее достаточно выявлены поля преимущественного размещения их по тому или другому типу почв (рис. 18).

Отметим при этом следующее. При составлении графиков содержания CO_2, как и в случае с гумусом, отметки первоначально были выставлены отдельно по характерным подтипам черноземов (типичные, мощные, обыкновенные, южные, выщелоченные), каштановых почв (обыкновенные, темно-каштановые, карбонатные), сероземов (обыкновенные, светлые, темные). При этом была очевидна гораздо большая локализованность отметок по подтипам, чем это усматривалось из всей совокупности отметок по тому или другому типу. Таким образом, обнаруживаемое на графике довольно обширное поле отметок по некоторому типу отнюдь не следует воспринимать только как следствие вообще большого

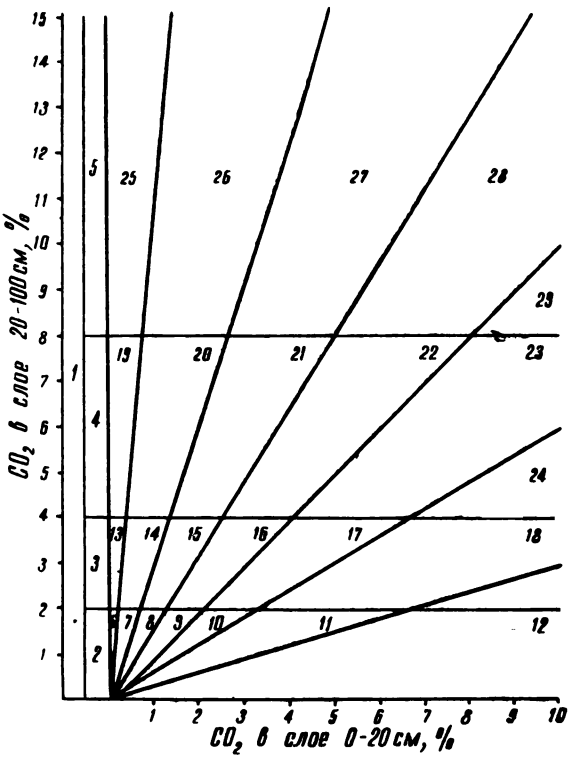


Рис 19. График для кодирования почв по содержанию CO_2

варьирования данного показателя в зависимости от местных особенностей почвообразования (что, конечно, тоже очень значимо). Обширность поля отметок по некоторому типу есть в значительной мере выражение закономерных подтиповых различий. Например, по распределению CO_2 в слоях 0—20 и 20—100 *см* можно было бы обособить ряд случаев малокарбонатных и темных сероземов от других их подтипов. Особенности выщелоченных коричневых почв в отношении содержания CO_2 показаны на рис. 18, *в*. На рис. 19 приведен график для кодирования почв по содержанию CO_2.

Гораздо более компактно и вместе с тем локализованно распределялись отметки pH (рис. 20), что свидетельствует о высоком диагностическом значении этих данных.

Общее распределение отметок подсказало несколько своеобразную разбивку сетки графика для кодирования (рис. 21). Три диагональных поля выявляют разрезы с более высоким pH верхних горизонтов по сравнению с глубжележащими, с примерно одинаковым pH во всем

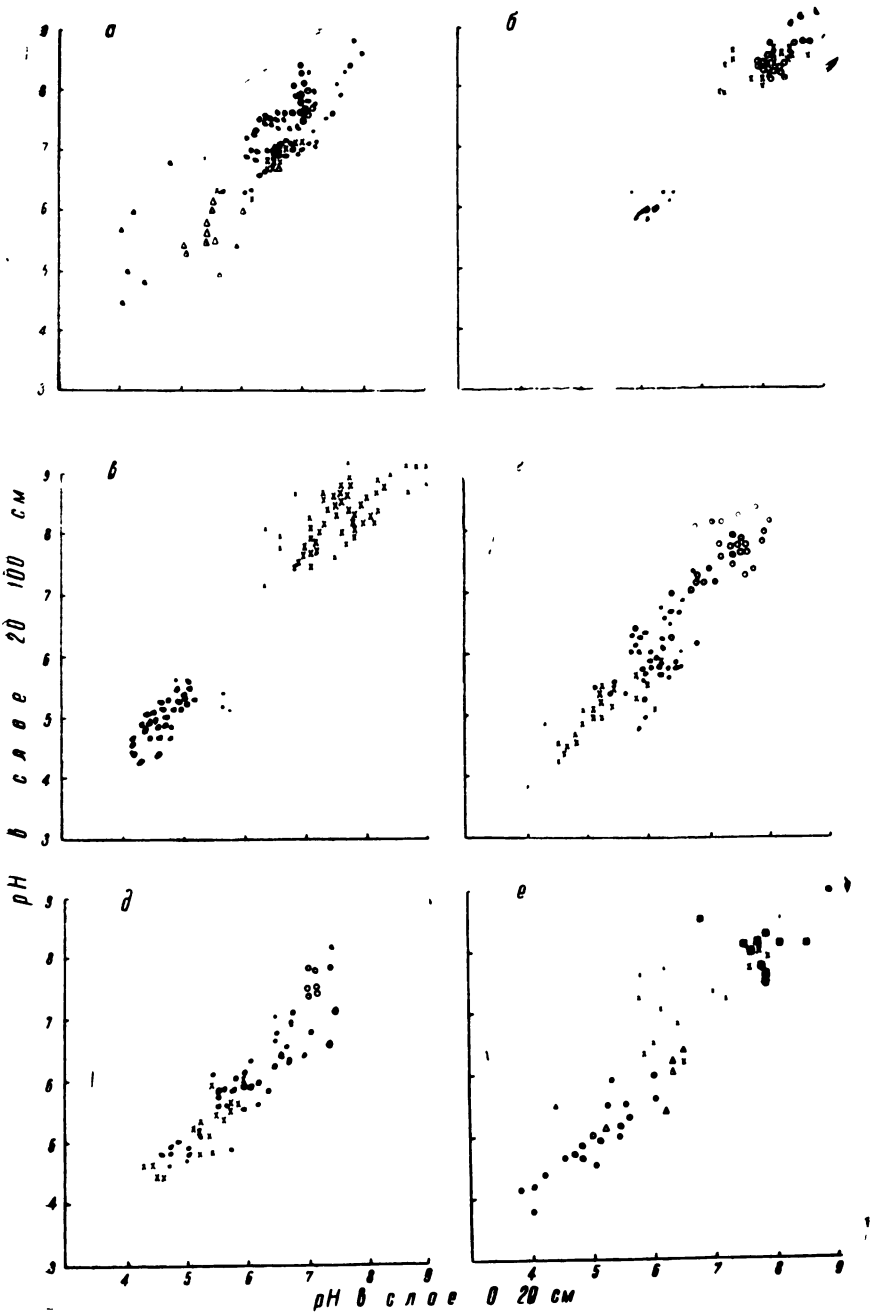


Рис. 20. Распределение отметок pH почв в слоях 0—20 и 20—100 *см* *а*—черноземы карбонатные и южные (○), выщелоченные и оподзоленные (×), все другие, в том числе с неуказанным подтипом (●) тундровые почвы без подразделения (△); *б*—сероземы (×), серые лесные (●), пустынные почвы США (○); *в*—каштановые (×), дерново-подзолистые и подзолы (●); *г*—коричневые (○), желтоземы (●), красноземы субтропические (×); *д*—бурые лесные: остаточно карбонатные (○), оподзоленные (×), все другие, в том числе с неуказанным подтипом (●); *е*—красные влажнотропические (●), желтые влажнотропические (○), опесчаненные влажнотропические (△), смолницы и грумосоли (США) (×), черные тропические (■)

метровом слое почвы и, наконец, с более низкими значениями pH сверху. Горизонтальные линии подразделяют поле графика по общему уровню pH.

Отмеченные 3 радиальных поля, очевидно, надо воспринимать как отражающие различия в относительной выраженности биологического круговорота веществ. Это можно заключить, например, по тому, что отметки подзолистых почв явно смещены влево, т. е. имеют более кислую реакцию верхнего слоя по сравнению с желтоземами и красноземами субтропиков, у которых, как известно, биологический круговорот протекает гораздо интенсивнее, чем в подзолистых почвах. На примере черноземов и бурых лесных почв показана возможность выявления подтиповых различий по профилю pH почв.

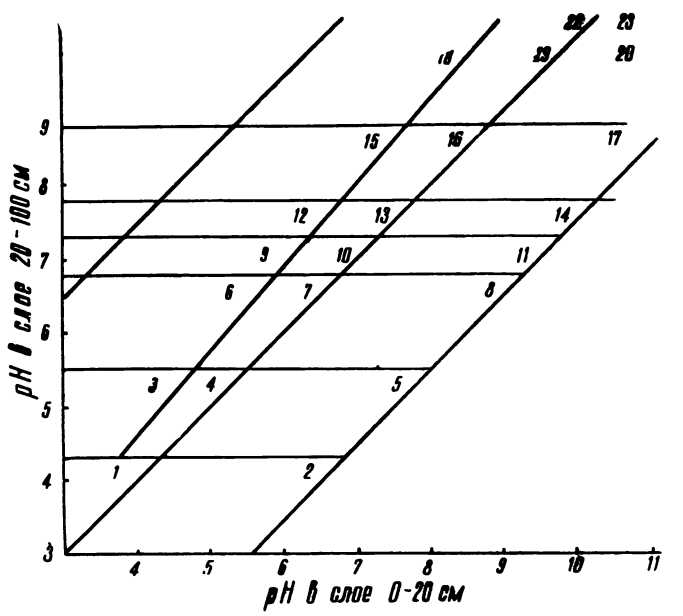


Рис. 21. График для кодирования почв по величине pH в слоях 0—20 и 20—100 *см*

На прямоугольный график нанесены отметки и содержания ила, т. е. частиц <0,001 *мм* (рис. 22). При этом для большинства почвенных типов сопоставлялось содержание ила в слое 0—20 *см* с наибольшим в слое 20—100 *см* (в случае оподзоленных почв сопоставлялось содержание ила в гор. A_2 и B). Рассев точек значительный, хотя поля относительной приуроченности отметок выявляются и в этом случае.

На кодовом графике (рис. 23) горизонтальные линии расчленяют его по общему уровню илистости, а радиальные — выявляют степень дифференциации почвенного профиля по содержанию ила, вероятнее всего отражающую выраженность иллювиального горизонта.

Как и следовало ожидать, ил наиболее равномерно распределен по профилю в черноземах. В общем близки к ним в этом отношении коричневые почвы, за исключением подтипа деградированных коричневых, для которых явно характерен иллювиальный горизонт, обогащенный илом. Гораздо чаще выражено иллювиальное накопление ила в желтоземах, реже — в бурых лесных почвах. Но наиболее очевидна характерность иллювиального накопления ила в случае подзолистых почв.

Дальнейшая обработка была такой же, как и в случае с гумусом. Соответствующий кодовый график накладывался на графики отметок, подсчитывалось число отметок, приходящихся на кодовое поле по каж-

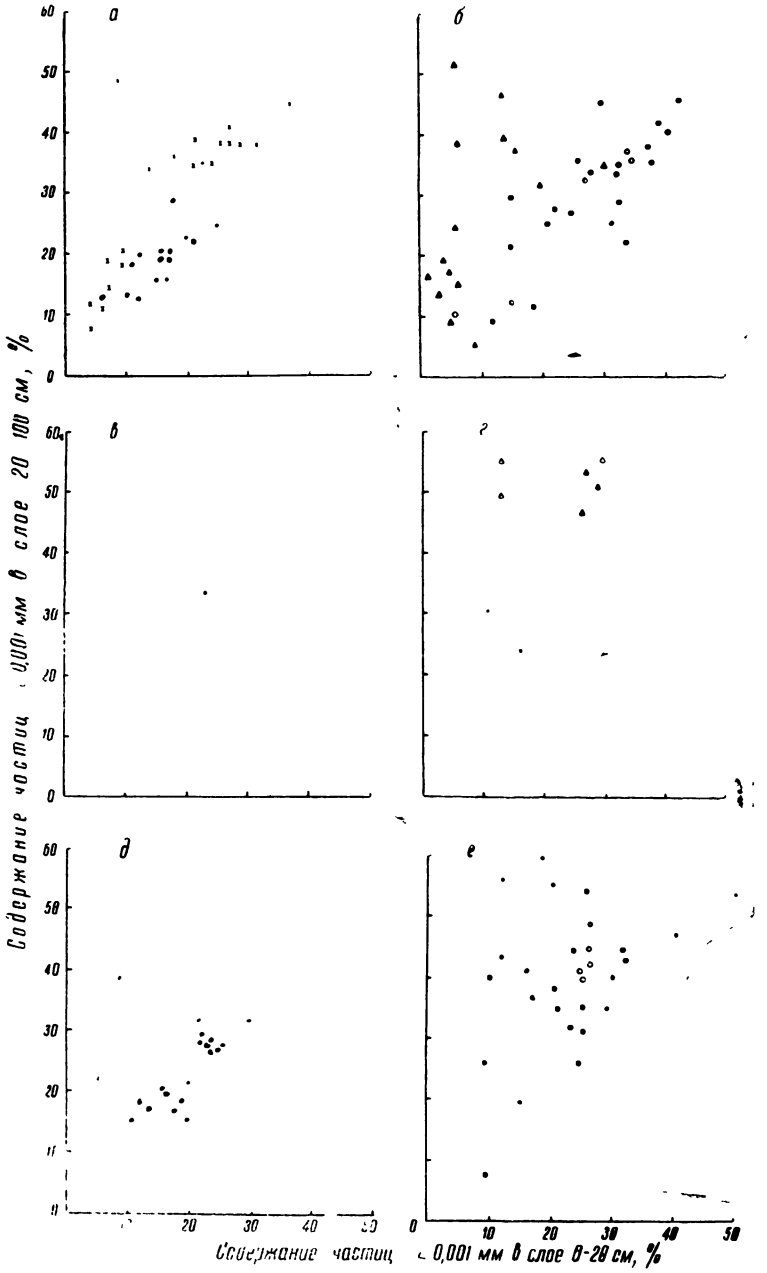


Рис. 22. Распределение отметок почв по содержанию частиц <0,001 *мм* в слоях 0—20 и 20—100 *см:*
а—сероземы (×), ~~станковые~~ (●); *б*—черноземы (○), дерново-подзолистые и подзолы (▲), *в*—серые лесные; *г*—коричневые деградированные (△), все другие коричневые (●); *д*—бурые лесные; *е*—желтоземы

дому типу почв, находилось процентное распределение отметок по кодовым полям каждого типа почв и, наконец, определялась диагностиче-

ская «цена» кодового поля в отношении рассмотренных типов почв. В итоге получена диагностическая таблица с вероятностными оценками по каждому из признаков (табл. 18). Их легко преобразовать в двоичное выражение.

Известно, что отношения Si/R, Al_2O_3/Fe_2O_3 очень широко используются при генетическом анализе почв. И это вполне оправданно, поскольку они отражают судьбу основных окислов минеральной части почв. Нами также предпринята попытка воспользоваться этими отношениями для диагностики почв.

Прежде всего рассмотрена степень варьирования этих отношений для слоя 0—100 *см* по отдельным типам почв, а затем выяснена относительная характеристичность отдельных градаций указанных отношений для типов. При этом отношение Si/R подразделено на 18 градаций, а Al_2O_3/Fe_2O_3 — на 11 градаций, как это показано ниже:

Si/R	Код	Si/R	Код	Al_2O_3/F_2O_3	Код
<1	1	11—12	12	<1	1
1—2	2	12—13	13	1—2	2
2—3	3	13—14	14	2—3	3
3—4	4	14—15	15	3—4	4
4—5	5	15—17	16	4—5	5
5—6	6	17—20	17	5—6	6
6—7	7	>20	18	6—7	7
7—8	8			7—8	8
8—9	9			8—9	9
9—10	10			9—10	10
10—11	11			>10	11

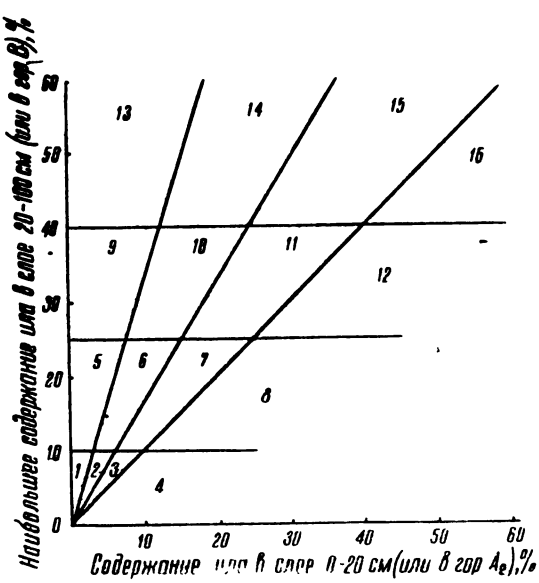


Рис. 23. График для кодирования почв по содержанию ила (частицы <0,001 *мм*) в слоях 0—20 и 20—100 *см*

Выяснилось, что оба принятых отношения очень широко изменяются по каждой из исследованных почв. В большинстве случаев одни и те же градации отношений Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3 могут встретиться в почвах весьма различных типов. В этом, очевидно, находят отражение различия в почвообразующих породах и в стадиях преобразования минеральной части почв. Тем не менее, и в этих случаях достаточно отчетливо выясняется относительная характеристичность отдельных градаций для того или другого типа почв, а некоторые градации имеют и весьма высокое диагностическое значение: например, градации Si/R 3, 16, 17, 18 и градации Al_2O_3/Fe_2O_3 1, 9, 10, 11.

Была принята во внимание также сопряженность указанных отношений по отдельным типам почв. Работа проведена путем построения графиков распределения разрезов с использованием в качестве координат отношений Si/R, Al_2O_3/Fe_2O_3, рассчитанных по среднему содержанию соответствующих окислов в слое почвы 0—100 *см*.

На рис. 24 видно весьма большое взаимоналожение отметок разных

Диагностическая таблица по содержанию гумуса, CO_2, pH, количеству частиц <0,001 *мм*

Гумус: 0—60 и $\frac{0—20}{20—100}$ *см*									CO_2: 0—20 и 20—100 *см*								
Код	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж	Код	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж
1	89	5	1	—	—	5	—	—	1	—	—	3	23	24	22	6	22
2	17	56	1	3	—	11	2	10	2	—	9	36	—	—	—	55	—
3	9	42	7	3	—	7	18	14	3	—	21	55	—	—	—	24	—
4	—	12	49	2	—	4	26	7	4	—	55	39	—	—	—	6	—
5	—	—	74	—	—	4	22	—	5	—	—	—	—	—	—	100	—
6	—	—	100	—	—	—	—	—	6	—	25	25	—	—	—	50	—
7	68	—	—	—	29	3	—	—	7	—	50	25	—	—	—	25	—
8	15	15	2	25	11	14	2	16	8	25	25	25	—	—	—	25	—
9	2	7	7	27	10	16	11	20	9	57	15	—	—	—	—	28	—
10	—	—	10	25	6	22	21	16	10	—	—	—	—	—	—	—	—
11	30	—	—	—	70	—	—	—	11	—	—	—	—	—	—	—	—
12	4	4	—	30	40	9	—	13	12	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	2	25	10	12	11	40	13	—	32	36	—	—	—	32	—
14	—	—	2	20	12	36	10	20	14	15	23	47	—	—	—	15	—
15	—	—	21	7	—	21	51	—	15	33	25	25	—	—	—	17	—
16	—	—	47	—	—	—	53	—	16	47	23	15	—	—	—	15	—
17	6	—	—	7	83	4	—	—	17	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	5	22	30	10	33	18	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—	—	—	19	—	35	26	—	—	—	39	—
20	—	—	—	—	100	—	—	—	20	12	40	24	—	—	—	24	—
21	—	—	—	—	50	50	—	—	21	33	33	16	—	—	—	18	—
									22	57	23	6	—	—	—	14	—
									23	—	—	—	—	—	—	—	—
									24	—	—	—	—	—	—	—	—
									25	—	—	—	—	—	—	—	—
									26	40	20	—	—	—	—	40	—
									27	62	9	—	—	—	—	29	—
									28	92	3	—	—	—	—	5	—

Окончание табл. 18

pH: 0—20 и 20—100 *см*									<0,001 *мм*: мин.—макс.								
Код	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж	Код	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж
1	—	—	—	—	100	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	40	30	—	30	2	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	100	—	—	—
4	—	—	—	—	70	18	—	12	4	—	—	—	—	100	—	—	—
5	—	—	—	19	14	43	—	24	5	—	—	—	—	100	—	—	—
6	—	—	—	—	70	—	—	30	6	15	44	5	9	16	7	4	—
7	—	—	12	28	20	18	8	23	7	49	3	7	6	5	14	13	3
8	—	—	2	34	4	17	9	34	8	13	—	51	—	15	13	—	8
9	—	—	33	—	67	—	—	—	9	—	—	—	—	55	45	—	—
10	—	3	32	10	3	6	41	5	10	6	23	4	14	13	15	10	15
11	—	—	—	—	—	20	80	—	11	10	12	17	16	6	18	10	11
12	—	13	67	20	—	—	—	—	12	—	13	74	—	—	—	13	—
13	—	17	38	7	—	10	28	—	13	—	10	—	19	24	10	14	23
14	—	—	—	—	—	11	89	—	14	—	7	—	16	8	7	35	27
15	30	45	19	—	—	—	6	—	15	—	10	11	17	—	18	21	23
16	60	28	8	—	—	1	3	—	16	—	17	17	—	—	—	66	—
17	39	39	—	—	—	—	22	—									
18	—	100	—	—	—	—	—	—									
19	20	80	—	—	—	—	—	—									
20	—	100	—	—	—	—	—	—									

типов почв. Но наряду с этим отметки по отдельным типам почв располагаются на поле графика все же явно по-разному. Так, существенно различно распределение отметок по бурым лесным почвам и подзолистым, по желтоземам и красноземам. Обнаруживается и обособленное размещение отметок по отдельным типам почв в их крайних значениях соотношений рассматриваемых окислов.

Подобные случаи представляют более широкий интерес не только как выявляющие возможное варьирование соответствующих типовых характеристик. По-видимому, здесь явно обнаруживается значение своеобразия почвообразующих пород. Таковы, например, случаи очевидного отклонения отдельных отметок от основного поля варьирования по красноземам тропическим.

Возможно также, что некоторые из крайних положений отметок по отдельным типам почв свидетельствуют о развитии признаков, в сущности, уже других типов почв. Это, в частности, можно предположить для бурых лесных почв с довольно широкими отношениями Si/R и особенно Al_2O_3/Fe_2O_3. Последнее указывает на условия почвообразования, явно способствующие потере железа («псевдоглеевые»).

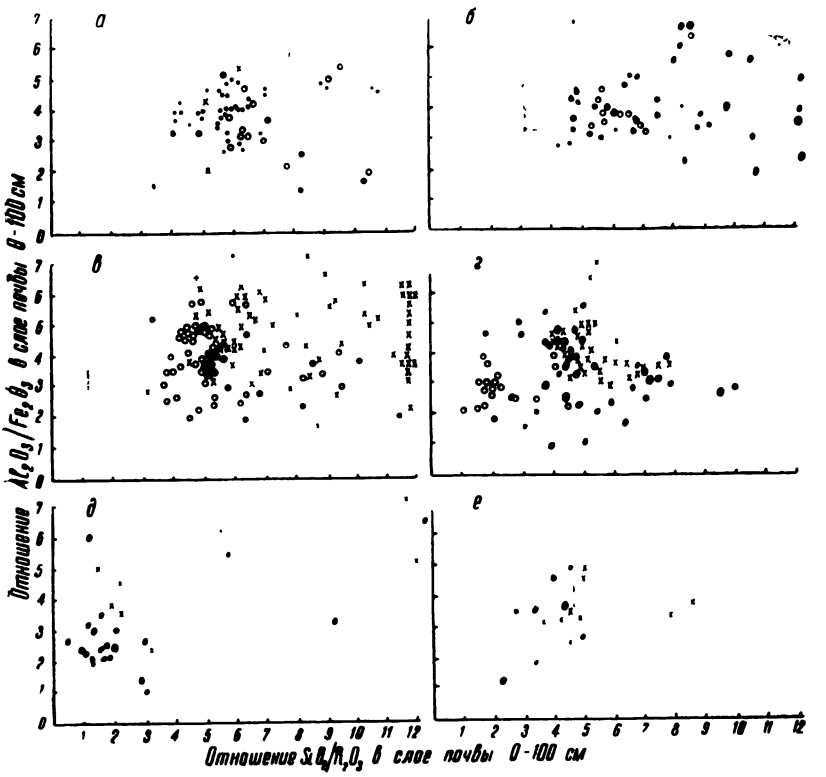


Рис. 24. Распределение отметок по величине отношений SiO_2/R_2O_3 и Al_2O_3/Fe_2O_3 в слое 0—100 *см*.

а—черноземы (●), каштановые (○), черноземы слитые (×), *б*—серые лесные (●), сероземы (○); *в*—дерново-подзолистые и подзолы (×), бурые лесные (○); *г*—желтоземы (●) коричневые (×), красноземы субтропические (○); *д*—красноземы тропические (●), желтоземы тропические опесчаненные (×), *е*—черные тропические (●), смолницы (×)

Данные рис. 24 хорошо выявляют, что сопоставление отдельно взятых разрезов разных типов почв далеко не достаточно для суждения о действительных генетических различиях: обязательно должна быть

Таблица 19

Диагностическая таблица по значениям отношений Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3 в среднем слое почвы 0—100 *см*

Отношение Si/R									Отношение Al_2O_3/Fe_2O_3								
Код	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж	Код	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж
1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	100
2	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	29	15	7	5	12	7	25
3	—	—	—	—	—	—	—	100	3	5	15	15	17	4	18	8	18
4	—	—	—	—	5	29	20	46	4	20	10	9	13	8	11	17	12
5	7	4	9	11	5	23	16	25	5	11	9	19	8	10	16	15	12
6	20	5	15	8	12	14	20	6	6	11	13	10	16	31	9	3	7
7	21	18	14	8	14	7	14	14	7	12	20	5	20	25	5	8	5
8	10	27	12	10	7	5	13	16	8	—	33	—	25	17	8	17	—
9	8	14	8	35	21	9	—	5	9	—	—	—	—	100	—	—	—
10	12	20	17	21	15	8	—	8	10	—	—	—	—	100	—	—	—
11	11	19	31	16	11	6	—	6	11	—	—	—	—	100	—	—	—
12	—	34	18	24	18	6	—	—									
13	—	35	19	27	19	—	—	—									
14	—	20	10	30	40	—	—	—									
15	—	—	20	40	40	—	—	—									
16	—	—	—	—	100	—	—	—									
17	—	—	—	—	100	—	—	—									
18	—	—	—	—	100	—	—	—									

Сочетание St/R и Al_2O_3/Fe_2O_3

Код	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж	Код	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж
1	—	—	—	—	—	—	—	—	19	—	16	13	25	40	6	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	100	21	—	—	—	—	—	—	—	100
4	—	—	—	—	—	21	—	79	22	—	—	—	34	16	17	33	—
5	—	55	23	—	—	22	—	—	23	—	30	—	24	12	11	23	—
6	—	45	19	—	19	17	—	—	24	—	33	13	26	28	—	—	—
7	—	100	—	—	—	—	—	—	25	—	21	9	17	53	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	26	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	100	27	—	—	—	—	—	—	—	—
10	21	4	9	7	2	16	23	18	28	—	—	—	—	—	—	—	—
11	20	17	14	10	4	7	16	12	29	—	—	—	—	100	—	—	—
12	8	18	12	34	8	14	—	6	30	—	—	—	—	100	—	—	—
13	—	18	8	28	39	7	—	—	31	—	—	—	—	100	—	—	—
14	—	—	—	—	—	—	—	—									
15	—	—	—	—	—	35	—	65									
16	8	—	6	10	5	22	24	25									
17	16	22	23	11	—	15	3	—									
18	9	16	20	19	27	9	—	—									

принята во внимание степень варьирования соответствующего соотношения.

С другой стороны, располагая достаточно многочисленной совокупностью данных по соотношению Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3, характеристику почв можно значительно пополнить, введя вероятностную оценку значимостей той или другой величины отношения учитываемых окислов. Чтобы сделать эту оценку наиболее объективной, воспользуемся соответствующим координатным графиком. В данном случае применен график с членением по рациональным градациям отношения Si/R, выявленным выше, и с равноинтервальными — по Al_2O_3/Fe_2O_3 (рис. 25).

Результат подсчета распределения отметок по разрезам разных типов почв показан в табл. 19, которая дает возможность количественно оценить вероятностную характеристичность того или другого поля в отношении отдельных типов почв. Эта оценка рассчитана для 8 типов почв как процентное отношение отметок по каждому полю (по горизонтальным строчкам). Мы видим, что, например, поле 13 наиболее характерно для серых лесных почв и подзолов, поле 12 — для серых лесных, поля 3, 9 и 21 — для желтоземов и т. д.

Предыдущий разбор показателей состава минеральной части почв касался характеристик, вычисленных для слоя 0—100 *см*, что, понятно, носило печать обобщенности. Однако лишь таким путем можно было приблизиться к более строгому количественному рассмотрению массового материал

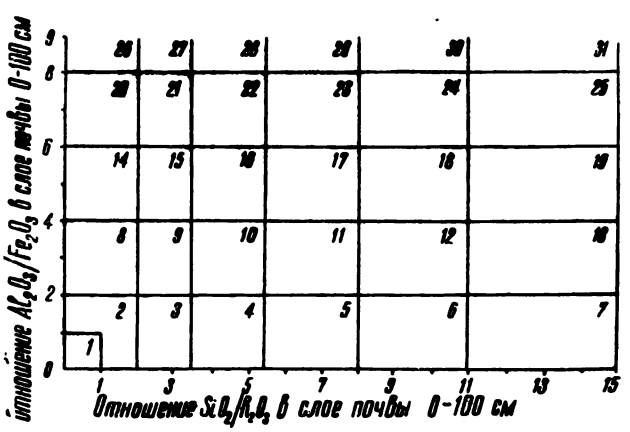


Рис. 25. График для кодирования почв по величине отношений SiO_2/R_2O_3 и Al_2O_3/Fe_2O_3 в слое 0—100 *см*

Исследование с показателями для слоя 0—100 *см* — лишь этап в работе. Выполнено также исследование и по использованию в координатной диагностике изменения состава минеральной части почв по профилю их. Оно заключалось в том, что отношения Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3 в слое почвы 0—10—20 *см* сопоставлялись с характерными значениями их в более глубоких горизонтах в пределах метрового слоя (среднее значение при отсутствии выраженного выноса или накопления и значения минимума—максимума при хорошо дифференцированном профиле). Затем значения указанных отношений в более глубоких горизонтах выражались в относительных величинах. Так, при неизменности отношений по профилю почвы последняя характеризовалась коэффициентом 1,0; при наличии в почвенном профиле слоя с более низкими значениями Si/R или Al_2O_3/Fe_2O_3 соответствующий коэффициент оказывался меньше 1,0, а при обратном порядке изменения — больше 1,0. С помощью этих ин-

дексов могли быть количественно охарактеризованы (при их наличии) элювиальные или иллювиальные горизонты:

Отношение индексов Si/R или Al_2O_3/Fe_2O_3 в слое 0—10—20 *см* к наибольшему их значению в толще 20—100 *см*	Код для индекса Si/R	Код для индекса Al_2O_3/Fe_2O_3
0,2—0,3	1	1
0,3—0,4	2	2
0,4—0,5	3	3
0,5—0,6	4	4
0,6—0,7	5	5
0,7—0,8	6	6
0,8—0,9	7	7
0,9—1,0	8	8
1,0—1,1	9	9
1,1—1,2	10	10
1,2—1,3	11	11
1,3—1,4	12	12
1,4—1,5	—	13
1,5—1,6	—	14
>1,6	—	15

Затем методом, использованным по предыдущим признакам, была найдена вероятностная значимость каждой градации отношений указанных индексов для принятых в исследовании типов почв (табл. 20).

Помимо прямого использования индексов Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3 по профилю почв, для целей диагностики использовано также сочетание отношений индексов Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3 (рис. 26).

Для кодирования почв по вероятностной диагностической оценке значения этих показателей использован координатный график, показанный на рис. 26.

Распределение отметок по почвам разных типов свидетельствовало, что показатели и этой характеристики минеральной части почв во многих случаях совпадают для нескольких типов почв и лишь некоторые поля оказываются более ценными в диагностическом отношении (например, поля 1, 2, 4, 9). Но несомненно, что использованные показатели дают дополнительную диагностическую информацию и в сочетании с другими характеристиками минеральной части почв, уже рассмотренными выше, могут служить целям более объективного истолкования аналитических данных при диагностике почв.

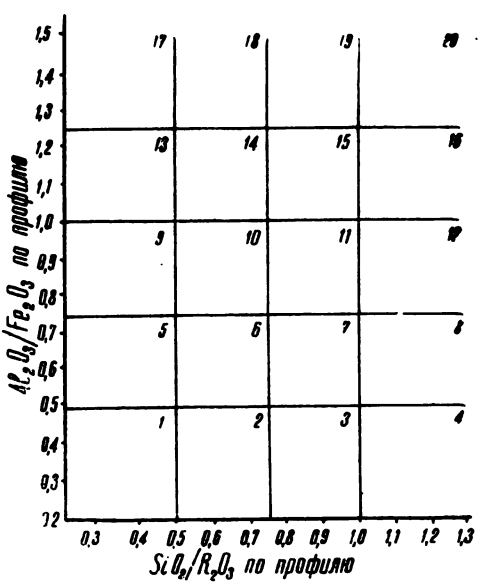


Рис. 26. График для кодирования почв по изменению отношений SiO_2/R_2O_3 и Al_2O_3/Fe_2O_3 в профиле

После составления диагностических таблиц была предпринята проверочная диагностика на ряде примеров (табл. 21, 22)*. С большой сте-

* Диагностические показатели группового и фракционного состава гумуса рассмотрены в следующей главе.

Диагностическая таблица для учета изменения индексов и Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3 20—100 *см* (в вероятностном

Si/R									Al_2C_3/Fe_2O_3				
Код	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж	Код	С	К	Ч	Сл
1	—	—	—	—	50	—	—	50	1	—	—	—	—
2	—	—	—	33	33	—	—	34	2	—	—	—	—
3	—	—	—	35	21	31	—	23	3	—	—	—	36
4	—	—	5	25	34	25	—	11	4	—	—	—	38
5	3	—	2	22	27	22	—	24	5	4	12	4	32
6	17	4	5	19	20	11	7	18	6	5	12	15	22
7	5	17	15	15	13	12	10	13	7	5	16	8	16
8	19	16	21	5	5	9	19	6	8	22	11	18	7
9	20	23	16	6	—	9	20	6	9	22	15	12	5
10	14	14	18	—	—	4	36	4	10	5	11	22	4
11	—	45	22	—	—	11	—	20	11	10	12	12	8
12	—	—	—	—	—	—	—	100	12	12	15	8	11
									13	—	21	10	10
									14	—	—	9	18
									15	—	—	6	12

пенью вероятности правильно диагностированы подзол, чернозем, серая лесная почва, серозем. В представленной табл. 22 диагностика проведена по двоичной системе индексировки, но в первом примере (для подзола) приведены и вероятностные индексы. При этом использован метод исключения из списка (Ледли, Ластед, 1963). Последовательно переходя от признака к признаку, мы постепенно сужаем число возможных типов и приходим к одному, единственно возможному.

Практическое осуществление диагностики можно пояснить на примере подзола.

По данным о содержании гумуса определены значения его в слоях 0—20 и 20—100 *см* (4,0 и 0,7% соответственно) и по кодовому графику (рис. 14) найден номер кода по гумусу — 24. Затем из табл. 17 выписаны индексы условной вероятности, а также вероятность в двоичном выражении. Аналогичным путем занесены в таблицу диагностические показатели и по всем другим почвенным характеристикам.

Из данных кода по гумусу следует, что рассматриваемая почва не может быть ни сероземом, ни каштановой, ни черноземом, ни коричневой, и поэтому они исключаются из дальнейшего рассмотрения. Но есть известная вероятность принадлежности ее к серой лесной, подзолистой, бурой лесной, желтоземной. Данные о соотношении гумуса в слоях 0—60 *см*, 0—20/20—100 *см* и данные по CO_2 (отсутствие карбонатов) также не позволяют остановиться на какой-либо одной почве. Но уже величина pH исключает серую лесную и желтоземную почвы. Показатели изменения содержания ила по профилю почвы, группового и фракционного состава гумуса, как и средние значения в слое 0—100 *см* SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, не дают ответа о принадлежности почвы к подзолистой или бурой лесной. Однако изменение по профилю отношения Al_2O_3/Fe_2O_3 позволяет исключить бурую лесную почву. Однозначно подтверждают принадлежность почвы к подзолистым и климатические данные.

Такое последовательное исключение возможных почв может быть

Таблица 20

в слое 0—10—20 *см* и по наибольшему или наименьшему их значению в толще выражении)

				При сопряженном учете изменений индексов Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3 по профилю								
П	Бл	Кч	Ж	Код	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж
100	—	—	—	1	—	—	—	—	100	—	—	—
100	—	—	—	2	—	—	—	—	100	—	—	—
43	—	—	21	3	—	—	—	—	40	—	30	30
29	—	9	24	4	—	—	—	—	—	—	—	100
15	20	4	9	5	—	—	—	42	29	29	—	—
15	16	7	8	6	14	—	—	42	32	12	—	—
16	9	13	16	7	20	—	6	12	15	20	15	12
11	7	15	9	8	—	37	26	—	—	19	—	18
5	7	17	17	9	—	—	—	60	—	40	—	—
10	26	10	12	10	10	—	3	20	31	16	6	14
5	18	12	22	11	15	22	22	5	7	8	9	12
8	15	20	11	12	22	27	24	—	—	6	16	6
10	16	16	17	13	—	—	—	55	—	18	—	27
18	9	18	28	14	9	—	3	13	15	15	5	40
41	29	—	12	15	16	15	19	9	5	12	14	10
				16	12	18	12	6	—	6	40	6
				17	—	—	—	—	45	22	—	33
				18	—	—	5	38	11	38	—	8
				19	14	11	7	14	9	7	31	7
				20	—	24	12	11	—	—	35	18

осуществлено с равным успехом как по индексам условной вероятности, так и по вероятности в двоичном выражении.

Следует обратить особое внимание на диагностику серозема, в случае которого уже на третьей ступени диагностики, после учета величины pH, почва однозначно определяется как сероземная.

В тех случаях, когда нельзя прийти к однозначному диагностическому заключению или нет всех необходимых характеристик (из числа принятых в нашем исследовании), можно по индексам условной вероятности численно оценить общую вероятность принадлежности почвы к некоторому набору типов. Например, в нашем случае, просуммировав индексы условной вероятности по данным гумуса, CO_2, pH и содержанию ила, находим, что вероятная принадлежность рассматриваемой почвы к подзолистым или к бурым лесным определяется как 1,0 и 0,55 соответственно, т. е. вероятная принадлежность ее к типу подзолистых явно выше, чем к бурым лесным. Это заключение, хотя и оно не однозначно, уже может быть полезным как дополнительный и, что важно, строго объективный материал для диагностики с использованием других обычных показателей (морфология, состав растительности, климат и др.).

Осуществление диагностики, подобно примерам, приведенным в табл. 21, 22, требует весьма разнообразных данных. В литературных источниках лишь единичные разрезы имеют всю необходимую аналитическую характеристику. Поэтому в большинстве случаев можно воспользоваться только разрезами с обычным набором аналитических данных — без характеристики состава гумуса или без валовых анализов. Когда диагностика по аналитическим данным не была достаточно определенной, приходилось прибегать к вероятностным оценкам, сопоставляя их с климатическими данными.

На примере диагностики по 25 разрезам, при ограниченном наборе аналитических данных, приблизительно в 2/3 случаев ответы вполне сов-

Таблица 21

Количественные (аналитические) данные, использованные при опытной диагностике, и соответствующие им коды по 4 характерным почвенным разрезам

Используемые характеристики	Подзол мощный (Чернов, 1964)		Чернозем типичный (Карманов, 1965)		Серая лесная (Скляров, 1964)		Серозем обыкновенный (Ремезов, 1952)	
	Значение	Код	Значение	Код	Значение	Код	Значение	Код
Гумус (%) в слое, *см*								
0—20	4,0	24	11,5	54	5,8	—	1,0	4
20—100	0,7	—	3,9	—	1,4	—	0,3	—
0—60	1,8	—	7,4	—	3,3	—	0,5	—
0—20/20—100	5,9	12	3,2	15	4,1	10	3,3	7
CO_2 (%) в слое, *см*								
0—20	0	—	0	—	0	—	5,6	—
20—100	0	1	3,5	3	0	1	8,2	28
pH в слое, *см*								
0—20	4,8	—	7,1	—	6,2	—	8,1	—
20—100	5,3	4	7,4	13	5,8	8	8,4	16
Содержание частиц <0,001 *мм*								
0—20 *см*	7,0	—	32,0	—	3	—	—	—
макс.	38,0	9	34,0	11	35	11	—	—
Состав гумуса, % от С								
Гк	18,2	—	39,2	—	32	—	—	—
Фк	19,6	10	25,0	24	16	13	—	—
фр. 1+1а	18,4	—	13,7	—	18,8	—	—	—
фр. 2а	9,1	10	30,7	8	21,9	9	—	—
Гк/Фк	0,93	—	1,57	—	2,0	—	—	—
фр. 1+1а/2	1,85	7	0,45	16	0,84	12	—	—
Валовое содержание, % в слое 0—100 *см*								
SiO_2	77,9	—	64,6	—	74,6	—	67,9	—
Al_2O_3	12,1	—	11,6	—	11,8	—	13,0	—
Fe_2O_3	4,1	—	9,4	—	6,5	—	6,1	—
1 Si/R	8,9	9	6,2	7	8,6	9	6,8	7
2 Al_2O_3/Fe_2O_3	4,6	5	1,9	2	3,3	4	3,4	4
Код по 1 — 2 в слое 0 — 10 (20) *см*	—	18	—	5	—	12	—	11
SiO_2	82,9	—	70,7	—	77,5	—	67,8	—
AlO_3	9,7	—	10,1	—	12,2	—	13,0	—
FeO_3	2,5	—	9,0	—	4,7	—	6,8	—
3 Si/R	12,4	—	7,6	—	8,7	—	6,6	—
4 Al_2O_3/Fe_2O_3	5,9	—	1,8	—	4,1	—	3,0	—
в слое 20—100 *см*								
SiO_2	72,1	—	64,5	—	68,8	—	68,0	—
Al_2O_3	14,9	—	12,3	—	14,2	—	13,0	—
Fe_2O_3	6,7	—	9,4	—	7,9	—	6,1	—
5 Si/R	6,4	4	6,0	7	6,1	5	6,8	9
6 Al_2O_3/Fe_2O_3	3,5	4	2,0	10	2,8	5	3,4	10
5/3	0,52	—	0,79	—	0,70	—	1,03	—
6/4	0,59	6	1,11	15	0,68	6	1,13	16
Емкость поглощения в слое 0—60 *см*, *мг-экв*	6,7	2	35,0	7	24,5	5	12,0	3
Содержание частиц <0,001 *мм* в слое 0—60 *см*, %	21,0	—	33,0	—	27,2	—	—	—
Код по сочетанию <0,001 *мм*/Емк	—	11	—	28	—	—	—	—
Гидратная вода в слое 0—100 *см*	1,7	4	3,2	7	—	—	—	—
Климатические показатели: Т-ра, °С	0,3	—	3,0	—	0,9	—	13,0	—
Осадки, *мм*	540	—	500	—	497	—	175	—
Гидротермотип	EI		DEIV	30	EIV	34	BIV	12

падали с названиями почв авторов исходных данных, в 1/3 случаев они были неопределенными, требующими учета дополнительных характеристик (например, морфологии почв).

В процессе всех этих работ была замечена разная диагностическая значимость отдельных почвенных характеристик. Специальная проработка позволила охарактеризовать диагностическую значимость использованных признаков в некоторых относительных показателях (табл. 23). Исследование заключалось в подсчете исключающих диагностических ответов («нулевых») по всем принятым признакам по 80 разрезам (по 10 для каждого из рассмотренных типов почв). При этом число исключающих диагностических ответов в случае использования данных о содержании гумуса в слоях 0—20 и 20—100 *см* было принято за 100%.

Высокая диагностическая значимость распределения гумуса по почвенному профилю не была неожиданной. Как оказалось, большую диагностическую ценность имеют данные фракционного состава гумуса, определяемого по методу И. В. Тюрина.

Эта же проработка дает основания полагать, что при наличии всех принятых в нашем исследовании аналитических характеристик определение типа почв было бы правильным более чем в 90% случаев. Вообще говоря, из теории вероятности следует, что в аналогичных случаях использования приемов исключения показателей, действенных каждый порознь даже с относительно низкой вероятностью, сочетание их повышает возможность получения правильного ответа (Гнеденко и Хинчин, 1946). Допустим, что одна диагностическая таблица позволяет получить 80% правильных ответов, а другая — 70%. Ход рассуждений таков: из каждых 100 случаев 20 случаев, не решенных при помощи первой диагностической таблицы, могут быть правильно решены с помощью второй таблицы, что даст еще 14 случаев (70% от 20). В итоге доля правильных ответов с использованием обеих таблиц будет повышена до 94% от общего числа случаев.

Таковы первые результаты разработки координатного метода диагностики почв. Автор считает их вполне обнадеживающими и оправдывающими дальнейшую разработку предложенного метода. Во-первых, должен быть расширен набор учитываемых признаков. Очевидно, в их числе надо иметь еще фракционно-групповой состав гумуса, емкость поглощения, состав поглощенных оснований, соотношение C : N и др. Во-вторых, надо усовершенствовать использование для целей диагностики морфологических признаков. При этом имеется в виду не какое-то улучшение описания морфологии почвы, хотя и это тоже необходимо, а поиск специального метода диагностического анализа почвенного профиля. И в этом направлении есть основание исходить из идей предложенной классификации почв (см. главу 20).

Далее, метод позволяет широко использовать статистические приемы анализа для выяснения генетической однородности почвенных совокупностей, определения границ варьирования признаков типа и выявления признаков почв другого генезиса.

Возможности в этом отношении могут быть иллюстрированы на примере исследования содержания гумуса и карбонатов в использованной совокупности каштановых почв. По рис. 27 видно, что основная масса использованных данных обнаруживает вполне закономерное варьирование около характерного модального гумусосодержания. Такой закономерный характер превосходно подтверждается соответствием распределения разрезов по величине гумусосодержания расчетной кривой нормального распределения. Но сопоставление обнаруживает также, что среди использованных разрезов есть некоторая часть с более высоким гумусосодержанием, не соответствующим нормальной кривой

Диагностические признаки	Подзол мощный (Чернов, 1965)								
	Код	Индексы вероятности							
		С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж
Содержание гумуса, %									
в слоях 0—20 и 20—100 *см*	24	—	—	—	36	18	23	—	23
в слое 0—60 *см* и соотношение его в слоях 0—20 и 20—100 *см*	12	4	4	—	30	40	3	—	13
Содержание CO_2 в слоях 0—20 и 20—100 *см*, %	1	—	—	3	23	24	22	6	22
pH в слоях 0—20 и 20—100 *см*	4	—	—	—	—	0	18	—	12
Содержание частиц <0,001 *мм* в слоях 0—20 и 20—100 *см*, %	9	—	—	—	—	55	45	—	—
Соотношение в слое 0—20 *см* (код 1967 г.):									
Гк, Фк и др. групп	10	13	21	3	6	13	8	30	5
Фр. 1+1а, 2 и др.	10	14	—	—	62	12	12	—	—
Гк/Фк и фр. 2/1+1а	3	7	14	—	45	6	11	6	11
Соотношение в слое 0—100 *см*:									
Si/R	9	8	14	8	35	21	9	—	5
Al_2O_3/Fe_2O_3	5	11	9	19	8	10	16	15	12
Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3	18	9	16	20	19	27	9	—	—
Изменение по профилю:									
Si/R	4	—	—	5	25	34	25	—	11
Al_2O_3/Fe_2O_3	4	—	—	—	38	29	—	9	24
Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3	6	14	—	—	42	32	12	—	—
Климатическая вероятность	33	—	—	—	—	10	—	—	—

Таблица 22

помощью координатного метода

Подзол мощный (Чернов, 1965)								Чернозем типичный (Карманов, 1965)			
Вероятность в двоичном выражении											
С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж	Код	С	К	Ч
0	0	0	1	1	1	0	1	54	0	0	1
1	1	0	1	1	1	0	1	15	0	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	2	0	1	1
0	0	0	0	1	1	0	0	13	0	1	1
0	0	0	0	1	1	0	0	11	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	24	0	1	1
1	0	0	1	1	1	0	0	8	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	16	0	1	1
1	1	1	1	1	1	0	1	7	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0	5	0	1	1
0	0	1	1	1	1	0	1	7	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1	10	1	1	1
1	0	0	1	1	1	0	0	15	1	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0	30	0	0	1

Диагностические признаки	Чернозем типичный (Карманов, 1965)					Серая лесная			
	Сл	П	Бл	Кч	Ж	Код	С	К	Ч
Содержание гумуса, %									
в слоях 0—20 и 20—100 *см*	0	0	0	1	0	23	1	0	1
в слое 0—60 *см* и соотношение его в слоях 0—20 и 20—100 *см*	1	0	1	1	0	10	0	0	1
Содержание CO_2 в слоях 0—20 и 20—100 *см*, %	0	0	0	1	0	1	0	0	1
pH в слоях 0—20 и 20—100 *см*	1	0	0	1	1	8	0	0	1
Содержание частиц <0,001 *мм* в слоях 0—20 и 20—100 *см*, %	1	1	1	1	1	11	1	1	1
Соотношение в слое 0—20 *см*:									
Гк, Фк, и др. групп	1	0	0	1	1	13	1	1	1
Фр. 1+1а, 2 и др.	1	0	0	1	0	9	1	1	0
Гк/Фк и фр. 2/1+1а	0	0	0	0	0	12	0	1	1
Соотношение в слое 0—100 *см*:									
Si/R	1	1	1	1	0	9	0	0	0
Al_2O_3/Fe_2O_3	1	1	1	1	1	4	1	1	1
Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3	0	0	1	0	0	12	1	1	1
Изменение по профилю:									
Si/R	1	1	1	1	1	5	1	0	1
Al_2O_3/Fe_2O_3	1	1	1	1	1	5	1	1	1
Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3	1	1	1	1	1	6	1	0	0
Климатическая вероятность	1	1	1	1	0	34	0	0	1

(Скляров, 1964)					Серозем (Ремезов, 1952)								
Сл	П	Бл	Кч	Ж	Код	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж
1	0	1	1	1	4	1	0	0	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	7	1	0	0	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	28	1	1	0	0	0	0	1	0
1	1	1	1	1	16	1	1	1	0	0	1	1	0
1	1	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0	1	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0	0	1	0	7	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	11	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	9	1	1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	16	1	1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	12	1	1	0	0	0	0	0	0

распределения. Очевидно, эти значения относятся уже к почвам другого генезиса. Это могут быть или почвы западин каштановой зоны, или южные черноземы. Статистический анализ позволяет уточнить диагностическую чистоту признака и установить пределы варьирования его с

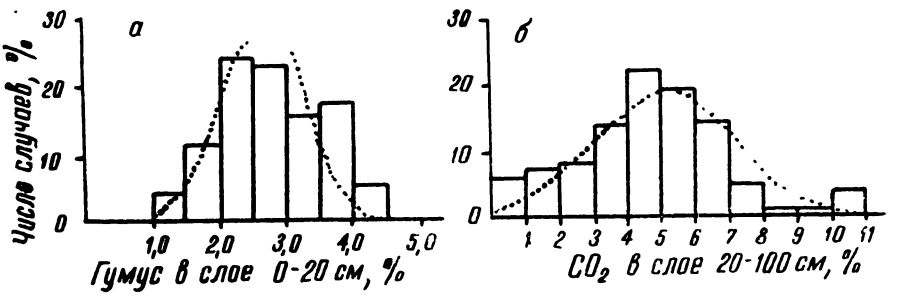


Рис. 27. Примеры статистического исследования репрезентативности данных по содержанию гумуса в слое 0—20 *см* каштановых почв (*а*) и содержанию в них CO_2 в слое 20—100 *см* (*б*) в совокупности почвенных разрезов, использованных в работе при составлении диагностических таблиц (столбиками показано распределение исходных данных в % к общему числу, точками—вычисленная кривая распределения)

необходимой доверительной вероятностью. В этом отношении интересны, в частности, данные И. А. Крупеникова (1967) по черноземам Молдавии.

Таблица 23

Сравнительная оценка диагностической значимости отдельных характеристик на основе аналитических данных (в отношении исследованных почв)

Диагностический признак	Относительная диагностическая ценность признака, %	
	в отдельности	в сочетании
Содержание гумуса в слоях 0—20 и 20—100 *см*	100	111,6
» » в слое 0—60 *см* и соотношение его в слоях 0—20 и 20—100 *см*	72,2	
Содержание CO_2 в слоях 0—20 и 20—100 *см*	90,6	111,0
pH в слоях 0—20 и 20—200 *см*	85,7	
Содержание частиц <0,001 *мм* в слое 0—10 *см* и макс. или мин. до глубины 100 *см*	49,5	—
Соотношение в слое 0—20 *см* Гк, Фк и др. групп	48,4	112,6
» » фр. 1 + 1а, 2 и др.	99,0	
„ „ Гк/Фк и фр. 1 + 1а/2	80,2	
Соотношение в слое 0—100 *см*		
Si/R	17,6	62,7
Al_2O_3/Fe_2O_3	1,8	
Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3	42,5	
Изменение по профилю		
Si/R	18,3	
Al_2O_3/Fe_2O_3	3,8	
Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3	25,4	
Климатическая вероятность (по гидротермической системе)	117,4	

Наконец, метод в принципе дает возможность осуществлять общую диагностику, включая еще и неизученные почвы. Так, классификация автора учитывает виды гумуса: гуминно-гуматный, фульватно-гуматный, гуматно-фульватный, гуматно-фульватный редуктивный, гумусово-тор-

фянистый. Почти все они могут быть с большей или меньшей уверенностью диагностированы на основе известных методов анализа группового состава гумуса. Классификация учитывает также фазы развития минеральной части почв, которые могут быть диагностированы по данным содержания карбонатов, величине pH, илистости, валовому анализу, минералогическому составу. Для целей диагностики на уровне типа органо-минеральных реакций весьма полезны данные фракционного анализа гумуса. На основе данных о распределении гумуса по профилю почв, а также группового и фракционного состава гумуса можно с известным приближением судить о растительной формации, под влиянием которой образовалась почва. Принадлежность почвы к той или другой почвенной общности можно определить на основе данных о содержании гумуса, CO_2, pH, а также климатических, оцененных на основе предложенной автором гидротермической системы.

Хотя автор стремился здесь не выходить за рамки обычных представлений и терминологии, легко можно заметить, что излагаемые идеи весьма созвучны с идеями кибернетики. В самом деле, координатный метод обработки данных позволяет превосходно решать задачи привлечения и обработки огромного информационного материала, уже накопленного в почвоведении. При этом появление новой информации может быть легко учтено простым дополнением графиков. Кодирующие графики весьма удобны также для записи данных почвенных характеристик на перфокарты, что само по себе открывает новые возможности для корреляционных исследований. При принятой в исследовании детальности кодовых графиков можно все характеристики записать на стандартной перфокарте.

Следует обратить внимание и на то, что нанесение почвенных данных на координатные графики, обработка их при помощи кодовых сеток, использование диагностических таблиц, вполне очевидно, являются элементами, моделирующими процесс диагностики, осуществляемый опытным почвоведом, который использует сравнение и исключение неподходящих случаев. Но принципиальное отличие здесь состоит в том, что координатный метод исключает элемент субъективности.

Диагностические таблицы — это и своего рода схемы-программы для электронно-вычислительной машины. Использование электронно-вычислительных машин позволило бы, в частности, провести исследование корреляционной связи между различными признаками почв и, таким образом, найти наиболее показательные из них для разных типов почв.

Автор считает, что опубликование уже подготовленных координатных графиков-вариаграмм почвенных свойств (рис. 14, 15, 16, 18, 20), кодовых графиков, диагностических таблиц будет полезным для целей более объективной диагностики почв. Составление графиков-вариаграмм может стать рабочим методом характеристики почв тех или других регионов, если иметь в виду задачи сопоставления более или менее массовых аналитических данных.

Таким образом, как первые результаты разработки координатного метода диагностики почв, так и вполне ясные пути его дальнейшего развития убедительно свидетельствуют о больших возможностях метода.

ГЛАВА 13

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ГРУППОВОГО И ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ГУМУСА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ПОЧВ

Ранее в работе было показано, что определение классификационного положения того или другого генетического типа почв производится путем последовательного выяснения связи его с определенным качественным видом гумуса, фазой минеральных преобразований, принадлежностью к определенной общности.

Очевидно, должны быть установлены и методы, пользуясь которыми, можно было бы с достаточной надежностью найти место в классификации каждого генетического типа почв.

В предыдущей главе отмечалось, что диагностика может вестись как на уровне частных классификационных подразделений — уже известных типов и подтипов почв, так и на уровне более высоких подразделений — рядов почвообразования, сопряженных с типами почвенных органо-минеральных реакций. При этом указывалось, что возможность такого рода решений вытекает из основ предложенной классификации почв.

Рассмотрим далее возможность решения диагностических задач по данным о качественном виде гумуса, по гумусовым рядам.

Первое подразделение нашей классификации учитывает основную структуру гумусовых веществ, главным образом соотношение в почвах гуминовых кислот и фульвокислот, затем долю гуминов; предположительно учитываются специфические формы гумуса, возникающие в резко восстановительных условиях. Далее принимается во внимание состав солей гумусовых кислот. Связь гумусовых кислот со щелочными и щелочноземельными основаниями или с амфотерными элементами (R_2O_3) находит выражение в соотношениях разных фракций гумуса и отражается также в составе поглощенных оснований.

При попытке воспользоваться для диагностических целей данными как группового, так и фракционного состава пришлось рассмотреть вопрос и о том, данные какого метода определения фракционного-группового состава гумуса будут более отвечать поставленным требованиям.

Как известно, наиболее полную характеристику группового и фракционного состава гумуса дает метод Тюрина. Его широко применяют как советские, так и зарубежные почвоведы. Все чаще используется метод Кононовой, несколько отличающийся от метода Тюрина по выделяемым фракциям. Поэтому данные, полученные этими двумя методами, для наших целей не могли быть непосредственно сопоставимыми. В последнее время находит применение метод Пономаревой, являющийся модификацией метода Тюрина. Он менее продолжителен и трудоемок, чем основной метод. К сожалению, В. В. Пономарева не опубликовала сравнительных анализов по основному и модифицированному методам. Поэтому затруднительно решить вопрос о степени сопоставимости получаемых по ним данных.

Несмотря на это, результаты, полученные по методу Пономаревой, с учетом их особенностей нами использованы в качестве дополнения к основным данным по методу Тюрина.

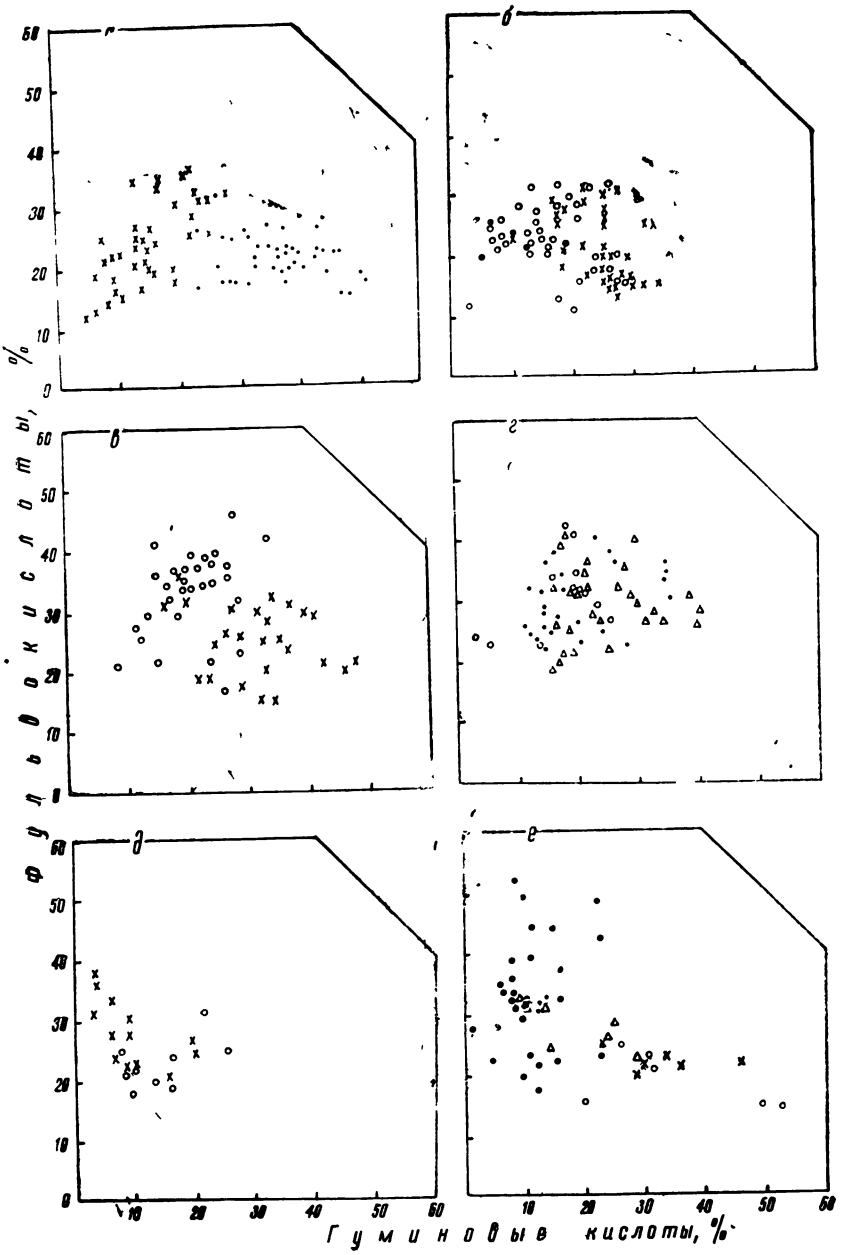


Рис 28. Распределение отметок группового состава гумуса некоторых характерных типов почв: *а*—черноземы (●), дерново-подзолистые и подзолы (×); *б*—сероземы (○), каштановые (×), такыры (●); *в* –бурые лесные (○), серые лесные (×); *г*—коричневые (△), желтоземы (●), красноземы субтропические ○), *д*—тундровые (×), глеево-подзолистые лесотундровые (○), *е*—смолницы ○), черные почвы тропиков (×), красноземы влажнотропические (●), желтые влажнотропические (△)

Ранее (Волобуев, 1967а) было высказано соображение о целесообразности при массовых сравнительных сопоставлениях разных почв

воспользоваться характеристикой состава гумуса по слоям 0—20 и 20—100 *см*.

Литературные данные по фракционно-групповому составу гумуса в преобладающей части относятся к слоям 0—10, 0—20 *см*, лишь в небольшом числе работ приведены данные по более полному почвенному профилю. Но, как будет видно из последующего, данные о составе гумуса даже только по поверхностным слоям превосходно обнаруживают большое своеобразие в этом отношении отдельных типов почв. Поэтому на первом этапе исследования диагностической ценности фракционно-группового состава гумуса проведены только в отношении слоя 0—20 *см*.

Работа выполнена в последовательности, уже описанной выше (глава 5).

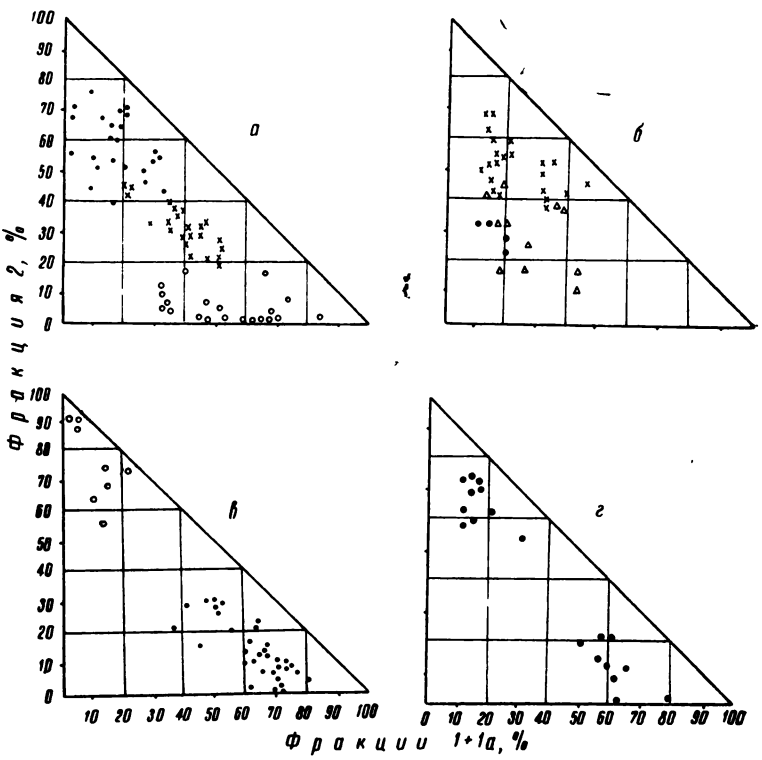


Рис 29. Распределение отметок фракционного состава гумуса некоторых характерных типов почв.

а—черноземы (●), серые лесные (×), дерново-подзолистые и подзолы (○); *б*—сероземы (△), каштановые (×), такырные (●); *в*—бурые лесные (●), смолницы (○); *г*—коричневые

Из опубликованных источников (более 50) были выбраны данные о групповом и фракционном составе гумуса. По рис. 28 и 29 видно, что отметки по каждому типу почв располагаются локально на поле графика и более или менее компактно по отдельным типам. Вместе с тем наблюдается и взаимное наложение полей отметок по разным типам почв. Однако всегда видно более плотное расположение точек в центре вариаграмм и разреженное — к периферии. Уже на основании этого можно было заключить, что собранные для обработки данные достаточно репрезентативно характеризуют исследуемые типы почв. Но, понятно, такое предположение требует определенного доказательства.

С целью статистического исследования меры репрезентативности

полученных вариаграмм поле графиков группового и фракционного состава подразделено на 18 равных 5-градусных секторов Подсчет отметок по этим секторам позволяет выяснить характер распределения использованных разрезов по изменению отношения гумусовые кислоты (Гк): фульвокислоты (Фк) и по отношению фр. 1 + 1а/2. В первом случае, от начального сектора к последующим возрастает величина отношения Гк/Фк от минимальной (в первом секторе <0,08) до очень большой (в последнем секторе >12,2) и во втором — в той же последовательности и соответственно с теми же значениями изменяется отношение фр. 1 + 1а/2.

Таблица 24

Распределение разрезов по отношению Гк/Фк

Способ учета разрезов	Градации отношения Гк/Фк																	Число разрезов
	<0,08	0,08—0,17	0,17—0,27	0,27—0,36	0,36—0,47	0,47—0,58	0,58—0,70	0,70—0,84	0,84—1,00	1,00—1,19	1,19—1,43	1,43—1,73	1,73—2,16	2,16—2,80	2,80—3,80	3,80—5,80	5,80—12,80	>12,80	
Фактическое распределение разрезов																			
Черноземы	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2	6	14	12	2	3	—	—	—	41
Подзолистые	—	—	—	3	5	9	8	5	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	34
Вычисленное распределение																			
Черноземы	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	8	11	10	5	2	—	—	—	42
Подзолистые	—	—	—	2	5	8	9	6	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	34

Остановимся вначале на распределении разрезов по отношению Гк/Фк. Распределение отметок по секторам графика в большинстве случаев было нормальным, что может быть показано, в частности, на примере черноземов и подзолистых почв (табл. 24). Нормальный характер распределения в приведенных примерах превосходно подтверждается и вычисленным распределением разрезов.

По некоторым типам почв нормальный характер распределения был выражен менее явно, что можно объяснить меньшим числом разрезов, использованных при обработке. Но, учитывая общий характер распределения по всей совокупности типов почв, было решено статистически обработать данные по всем типам и в дальнейшем пользоваться вычисленными теоретически ожидаемыми частотами распределения. Для большей сопоставимости распределение разрезов представлено в процентах к их сумме по каждому типу (табл. 25).

Аналогичным образом исследовано распределение данных по фракционному составу. И в этом случае по большинству типов выявлено распределение, близкое к нормальному, с тем лишь отличием, что по ряду типов почв оно имело или положительную, или отрицательную асимметрию. Вычисление теоретически ожидаемых частот распределения и в случае фракционного состава в основном показало выраженное соответствие исходных данных (табл. 25).

Как видим, привлеченные данные статистически достоверно выявляют характерные особенности группового и фракционного состава рассматриваемых типов почв. Следовательно, они могут быть использованы и для диагностики почв.

Таблица 25

Вычисленное, теоретически ожидаемое распределение разрезов по групповому и фракционному составу гумуса (в % к сумме по каждому типу почв)

Почвы	Градации отношения Гк/Фк и фракций 1+1а/2																		Количество использованных разрезов
	<0,08	0,08—0,17	0,17—0,27	0,27—0,36	0,36—0,47	0,47—0,58	0,58—0,70	0,70—0,84	0,84—1,00	1,00—1,19	1,19—1,43	1,43—1,73	1,73—2,16	2,16—2,80	2,80—3,80	3,80—5,80	5,80—12,20	>12,20	
По соотношению Гк/Фк																			
Черноземы							2	6	2	10	20	27	24	12	5				41
Серые лесные							3	9	12	16	20	16	12	8	4				25
Каштановые									15	18	18	15	12	6	3				35
Смолницы									8	14	19	21	18	13	7				8
Черные тропические								6	11	28	30	15	10						5
Коричневые					4	7	15	18	23	18	11	4							28
Желтоземы					4	14	18	19	18	14	9	4							23
Бурые лесные			3	6	11	17	23	20	11	6	3								33
Сероземы			5	10	15	20	20	15	10	5									20
Подзолистые			3	6	14	23	25	17	9	3									34
Красноземы субтропиков		3	6	9	18	22	20	15	7										12
Лесотундровые			11	16	23	23	17	8	2										9
Тундровые	8	8	14	14	15	14	14	8											15
Красноземы тропиков	3	10	16	23	23	16	6	3											31
По соотношению фр. 1 1а 2																			
Смолницы	46	33	15	6															8
Коричневые	7	14	21	29	21	7													14
Черноземы	4	13	17	22	17	13	9	4											24
Черные тропические		14	19	27	22	14	4												7
Каштановые	4	18	12	16	20	16	12	8	4										26
Сероземы				3	6	9	11	14	14	13	11	10	4	3	2				12
Серные лесные						2	4	8	12	16	18	16	12	7	4				22
Бурые лесные											3	6	10	16	19	19	16	10	33
Желтоземы											1	3	5	10	16	20	22	23	—
Коричневые													6	11	33	33	11	6	9
Подзолистые														3	13	21	28	36	23
Лесотундровые															8	46	38	8	13

Из данных табл. 25 видно, что отдельные почвы по отношению Гк/Фк довольно заметно налегают друг на друга. Но вместе с тем хорошо видна и возможность подразделения их на 2 группы, одна из которых будет преимущественно гуматная (фульватно-гуматная), а другая — преимущественно фульватная (гуматно-гуминно-фульватная). В первую группу вошли черноземы, серые лесные, каштановые почвы, черные тропические, смолницы; во вторую — коричневые, желтоземы, бурые лесные, сероземы, подзолистые, красноземы субтропиков, глеево-подзолистые, лесотундровые, тундровые, красноземы тропиков (рис. 30).

Исследуем эти две совокупности типов по отношению Гк/Фк. Найдем сначала среднее распределение значений Гк/Фк для каждой из указанных двух групп и затем вычислим теоретически ожидаемые частоты нормального распределения (табл. 26). Произведенные вычисления превосходно подтвердили вполне закономерный характер распределения средних значений Гк/Фк по выделенным группам, а также дали критерии для суждения о мере варьируемости исследуемых рядов распределения в виде среднего квадратического отклонения.

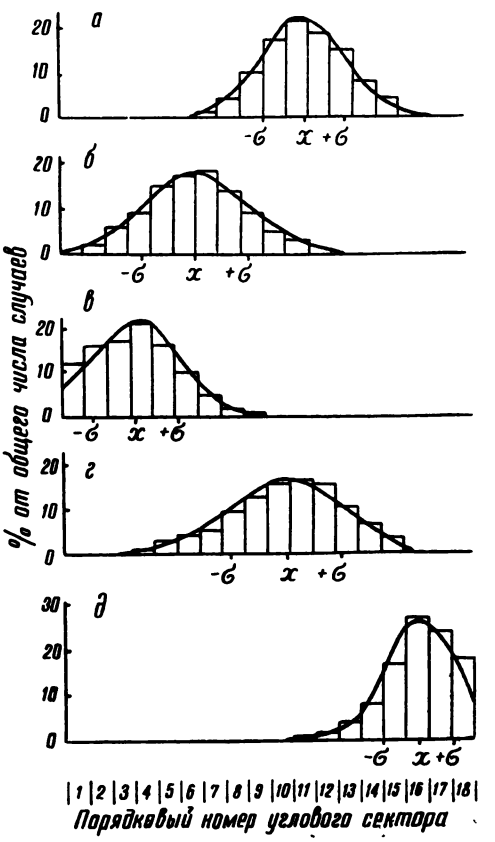


Рис. 30. Кривые распределения почв по градациям отношений Гк/Фк и фр 1+1а/2 (столбики – исходные данные, линии—вычисленные кривые), *x*—средние значения; σ—квадратические отклонения: *а, б*—с преобладанием в групповом составе соответственно гуминовых и фульвокислот; *в*—с преобладанием во фракционном составе фр. 2; *г*—с относительно равным содержанием фр. 2 и 1+1а; *д*—с преобладанием фр. 1+1а

Общие кривые распределения по указанным 2 группам в своих максимумах явно сдвинуты относительно друг друга (рис. 30, *а, б*). Среднее значение Гк/Фк для преимущественно гуматных почв равно 1,36, для преимущественно фульватных—0,56. Обнаруживаются и взаимоналожения. Но рассмотрение последних также приводит к весьма полезным выводам. Так, примерно на границе значений Гк/Фк 0,95 взаимоналожение становится минимальным: лишь около 12,5% общего числа случаев одной из групп налагается на другую (примерно на уровне $+\sigma$ и $-\sigma$) В данном случае речь идет именно о значениях $+\sigma$ и $-\sigma$, как отвечающих лишь налагающимся участкам двух кривых распределения, поскольку значения с обратных знаков по каждой кривой отвечают разобщенным, совершенно не налагающимся участкам кривых распределения.

Для выяснения характерных рубежей значений Гк/Фк представляют интерес также участки наложения кривых, отвечающих примерно $+2\sigma$ и -2σ соответственно. Известно, что кривые нормального распределения в пределах около $\pm 2\sigma$ (точнее $\pm 1{,}96\sigma$) охватывают

Таблица 26

Распределение почв основных групп по отношению гуминовых и фульвокислот и фракционному составу

Группы почв по групповому и фракционному составу	Код и графики отношений Гк/Фк и фр. 1+1а 2																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	<0,08	0,08—0,17	0,17—0,27	0,27—0,36	0,36—0,47	0,47—0,58	0,58—0,70	0,70—0,85	0,85—1,00	1,00—1,19	1,19—1,43	1,43—1,73	1.73—2,16	2,16—2,80	2,80—3,80	3,80—5,80	5,80—12,2	>12,2
Процентное распределение по градациям																		
По групповому составу																		
Фульватно-гуматные	—	—	—	—	—	—	1	4	9	18	22	21	15	7	3	—	—	—
Гуматно-фульватные	1	3	5	10	14	17	17	14	10	5	3	1	—	—	—	—	—	—
Диагностическое значение в вероятностном выражении																		
Фульватно-гуматные	—	—	—	—	—	—	6	17	47	78	88	96	100	100	100	2	—	—
Гуматно-фульватные	100	100	100	100	100	100	94	83	53	22	12	4	—	—	—	—	—	—
По фракционному составу	**Процентное распределение по градациям**																	
Магний-кальциевонасыщенные	8	14	21	22	18	10	5	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Переходные	—	—	—	1	3	5	8	11	13	15	15	13	8	5	3	—	—	—
Ненасыщенные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	11	22	26	22	12
Диагностическое значение в вероятностном выражении																		
Магний-кальциевонасыщенные	100	100	100	96	86	67	38	15	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Переходные	—	—	—	4	14	33	52	85	96	100	100	93	73	31	12	—	—	—
Ненасыщенные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	27	69	88	100	100	100

95% общего числа случаев и, следовательно, вне этих пределов по одну сторону от модального значения будет лежать лишь 2,5% общего числа случаев, т. е. ничтожно малая величина.

В итоге статистического исследования кривых распределения почв по значениям Гк/Фк выясняются следующие характерные величины этого отношения: почвы с гумусом собственно фульватного состава $<0{,}75$; переходного гуматно-фульватного состава 0,75—0,95; переходного фульватно-гуматного состава 0,95—1,30; собственно гуматного состава $>1{,}30$.

При этом под почвами с собственно фульватным или собственно гуматным составом понимаются почвы со значениями Гк/Фк, присущими только почвам той или другой группы, тогда как при переходных значениях Гк/Фк они с большей или меньшей вероятностью могут быть присущи как почвенным типам одной группы, так и другой. Таким образом, приведенные 4 градации отношений Гк/Фк попарно дифференцируют характеристику группового состава почв в их 2 основных подразделениях: фульватно-гуматных и гуматно-фульватных.

Соответственно определяется и диагностическая цена отдельных градаций значений Гк/Фк при доверительной вероятности 0,95. Например, если почва по величине Гк/Фк окажется в секторе графика с индексом 4, то она может принадлежать только почвам гуматно-фульватного ряда (вероятность 100%); нахождение почвы, скажем, в секторе 8 свидетельствует о наиболее вероятной принадлежности ее к ряду гуматно-фульватных почв (вероятность 83%), но с некоторой долей вероятности (17%) она может быть и фульватно-гуматного ряда. При доверительной вероятности 0,95 примерно 60% общего числа случаев может быть диагностировано по групповому составу гумуса однозначно и 40% — вероятностно.

Рассматривая численные значения вероятностей цены отдельных интервалов отношения Гк/Фк (табл. 26), нужно обратить внимание на то, что по интервалам 7 и 8 возможность отнесения почв к фульватно-гуматной группе очень мала, то же наблюдается по интервалам 11 и 12, но уже в отношении гуматно-фульватных почв. Это обстоятельство, по нашему мнению, позволяет принять в качестве граничного значения между двумя названными группами почв отношение Гк/Фк, равное 1.

Если мы будем пользоваться этой величиной Гк/Фк для разделения почв по их групповому составу, то практически ошибочно будет диагностироваться относительно небольшая часть почв — всего около 12% по каждой из групп.

Это заключение прежде всего подтверждает реальность классификационного разделения почв в табл. 9. Затем можно сказать, что разделение почв по рубежному значению Гк/Фк, равному 1, вполне допустимо для целей первого приближенного диагностирования почв (табл 26).

В вероятностных случаях диагностика почв может быть решена уже на последующих этапах, когда смогут быть учтены и другие характеристики почв. Этим целям непосредственным образом могут служить данные фракционного состава гумуса.

Расположив исследованные почвы в порядке увеличения среднего значения отношения фр. 1 + 1а/2, обнаруживаем, что они довольно четко подразделяются на 3 группы (табл. 25): с преобладанием фр. 2; с преобладанием фр. 1 + 1а и с промежуточным соотношением фр. 2 и 1 + 1а (рис. 31).

Разграничение указанных групп почв, судя по кривым распределения (рис. 30, *а, б, в*), довольно четкое. Каждая пара смежных групп взаимно накладывается участками за пределами $\pm 1^1/_2\ \sigma$. В этих усло-

виях переходная группа обособляется от двух крайних на уровне доверительной вероятности около 0,90. Если мы примем для целей диагностики по данным фракционного состава также доверительную вероятность на уровне 0,95 и соответственно с этим сократим крайние значения в рядах нормального распределения, то диагностическое значение в вероятностном выражении отдельных градаций окажется весьма четким. Около 70% от общего числа случаев может быть однозначно отнесено к одной из групп и 30% — диагностируется с большей или меньшей степенью вероятности.

Разберем несколько подробнее состав почв, вошедших в указанные 3 группы.

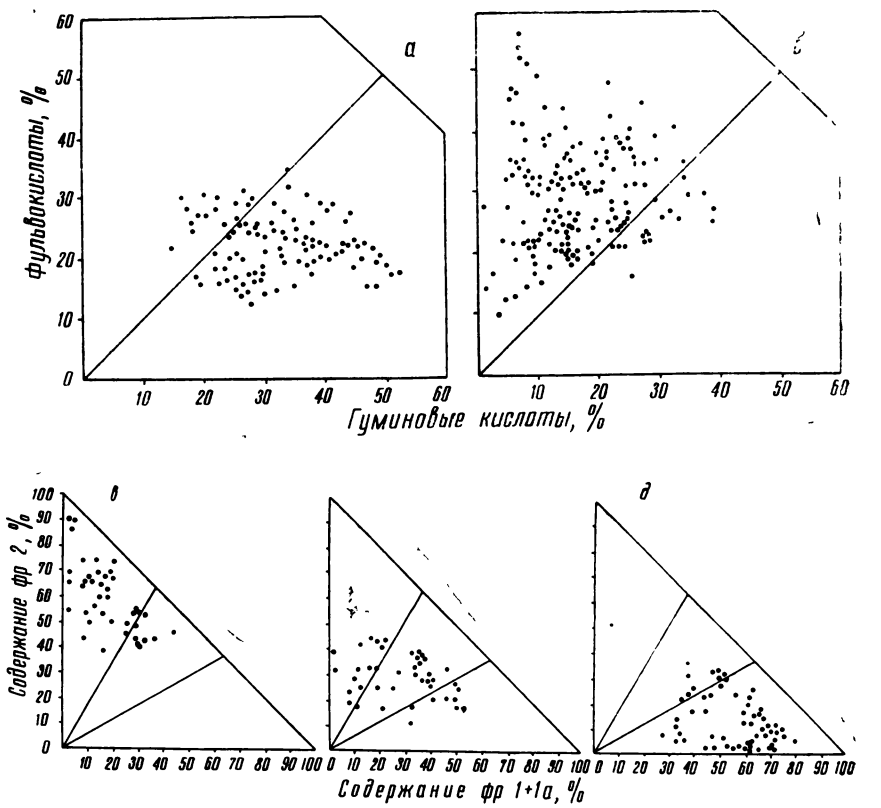


Рис. 31. Распределение отметок характерных совокупностей почв по групповому и фракционному составу гумуса: *а*—с преобладанием гуминовых кислот (черноземы, серые лесные, каштановые, смолницы, черные почвы тропиков); *б*—с преобладанием фульвокислот (сероземы, коричневые, желтоземы, бурые лесные, красноземы субтропические, тропические красные, тундровые, лесотундровые); *в*—с преобладанием фр. 2 (черноземы, смолницы, черные тропические, коричневые насыщенные, каштановые); *г*—с промежуточным соотношением фр. 1+1а и 2 (сероземы, серые лесные); *д*—с относительным преобладанием фр. 1+1а (дерново-подзолистые, глеево-подзолистые лесотундровые, коричневые ненасыщенные, бурые лесные, желтоземы, красноземы)

В группу почв, относительно богатых фр. 2, вошли смолницы, коричневые (насыщенные), черноземы, регуры, каштановые; в группу почв, относительно богатых фр. 1 + 1а, — лесотундровые глеево-подзолистые, подзолистые, коричневые (ненасыщенные), желтоземы, красноземы, бурые лесные; наконец, в переходную группу — сероземы и серые лесные.

Как выяснилось при нанесении на график (рис. 29) данных по коричневым почвам, они резко разделяются на 2 группы: богатые фр. 2

и богатые фр. 1 + 1а (условно назовем первые насыщенными, а вторые ненасыщенными). В связи с этим коричневые почвы находятся в 2 группах по фракционному составу.

В переходной группе оказались почвы очень различных генетических типов. Последнее обстоятельство в диагностическом отношении представляет особый интерес, поскольку обособление сероземов по фракционному составу от других гуматно-фульватных почв может, наряду с их богатством гуминами, облегчить диагностику сероземов по составу гумуса.

Наконец, третья группа по фракционному составу гумуса оказывается представленной почти полностью почвами гуматно-фульватного состава; от этого состава отличаются лишь коричневые почвы в той их части, которая условно определена как коричневые выщелоченные.

Как видим, фракционный состав гумуса позволяет с довольно высокой определенностью подразделять почвы по характеру связей их гумуса с щелочноземельными основаниями или с другими элементами.

В случае разделения почв по их общим различиям во фракционном составе возможно использование некоторых характерных рубежных значений отношения фр. 1 + 1а/2 аналогично тому, как это было сделано выше в случае подразделения почв по групповому составу.

В самом деле, по каждой из 3 групп почв по фракционному составу во взаимно налагающихся участках рядов распределения есть такие рубежные интервалы, за пределами которых по той или другой группе отмечается очень небольшое число случаев. Такими рубежными значениями отношения фр. 1 + 1а/2 являются 0,58 и 2,16. Использование этих значений для исключения данных с малым числом случаев может привести, при достаточно массовом материале, к ошибочной диагностике в объеме всего 7% по первой группе, 17% — по второй и 4% — по третьей, или в среднем около 9%.

Приведенные данные свидетельствуют о возможности использования выявленных рубежных значений отношения фр. 1 + 1а/2 при построении диагностической таблицы в двоичном выражении (табл. 26).

Таким образом, данные группового и фракционного состава гумуса в своей совокупности позволяют диагностировать почвы на самом высоком уровне их подразделения — по гумусовым рядам типов органоминеральных реакций. Практическую приложимость полученных диагностических таблиц можно иллюстрировать некоторыми примерами.

Для более наглядного показа принципиальных возможностей диагностики на основе состава гумуса опытная диагностика проведена на примере контрастно различных типов почв: черноземов и подзолистых (дерново-подзолистые, подзолы). Необходимые аналитические данные взяты из разных литературных источников (без какого-либо специального отбора).

Общие представления о генетических особенностях черноземов позволяют отнести их по типу гумуса к фульватно-гуматным магний-кальциевонасыщенным, а подзолистые —к гуматно-фульватным ненасыщенным. Из данных табл. 27 видно, что из взятых 10 примеров подзолистых почв 9 действительно обладают гумусом гуматно-фульватной природы и лишь один пример диагностирован при помощи таблицы как обладающий фульватно-гуматным гумусом. Но в этом примере почва по фракционному составу относится к III группе, т. е. является явно ненасыщенной. Среди же почв Советского Союза и Восточной Европы мы вообще не знаем примеров с подобными характеристиками. Очевидно, диагностика здесь оказывается ошибочной. Но если обратиться к приведенным в табл. 26 вероятностным оценкам, то при более широкой доверительной вероятности (0,95) код II указывает на возможность фульватно-гумат-

ного состава с вероятностью 95% и с вероятностью 5% — гуматно-фульватного. Следовательно, есть некоторая вероятность принадлежности почвы к уже вполне возможному типу (в данном случае дерново-подзолистому).

Диагностика на примере черноземов показала еще более четкие результаты: во всех случаях почвы были определены как фульватно-гуматные и насыщенные, т. е. именно так, как и рассматриваются черноземы. Однако и в этих примерах в 2 случаях имелся код II. Следовательно, если бы мы располагали более обширной совокупностью диагностируемых почв, то некоторая часть гуматно-фульватных была бы определена неверно, поскольку при более широком доверительном интервале (0,95) код II допускал бы, наряду с фульватно-гуматными почвами, возможность также и гуматно-фульватных, правда, с очень малой вероятностью (<5%).

Приведенные примеры, по нашему мнению, достаточно убедительно свидетельствуют о реальной возможности при помощи табл. 26 диагностировать почвы на уровне наиболее высоких общих категорий — рядов по типам гумуса. Но к этому мы вернемся в дальнейшем изложении.

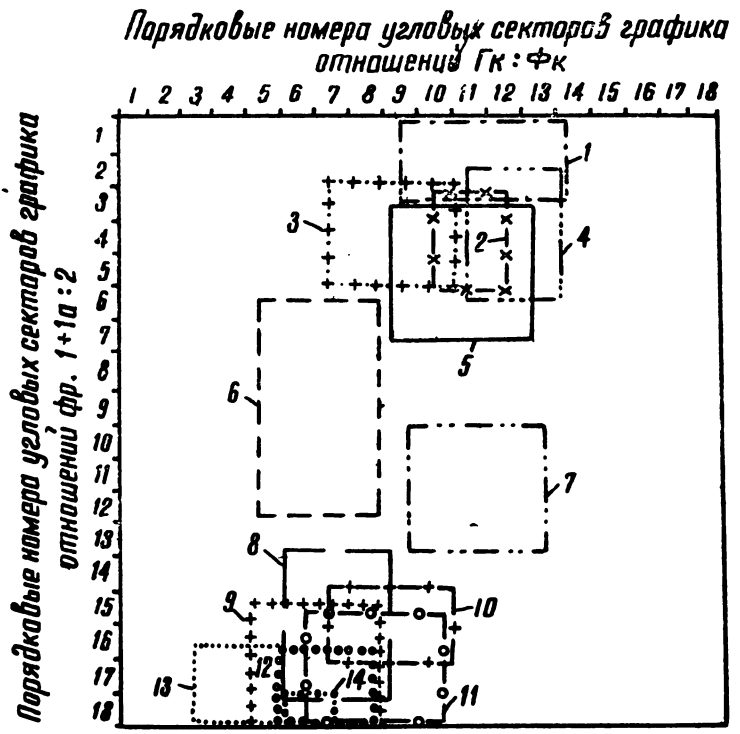


Рис. 32. Размещение вариаграмм почв разных генетических типов по групповому и фракционному составу гумуса:

1—смолницы; *2*—черные тропические; *3*—коричневые насыщенные; *4*—черноземы; *5*—каштановые; *6*—сероземы; *7*—серые лесные; *8*—бурые лесные; *9*—красноземы субтропиков; *10*—коричневые выщелоченные; *11*—желтоземы; *12*—дерново-подзолистые и подзолы: *13*—красноземы тропические; *14*—глеево-подзолистые (лесотундровые).

Показанная выше высокая диагностическая ценность данных группового и фракционного состава гумуса направляет мысль на поиск путей более широкого использования их, в частности для диагностики на уровне генетического типа. Действительно, как следует из данных табл.

24, отдельные генетические типы довольно заметно отличаются друг от друга по пределам варьирования группового и фракционного состава и их модальным значениям.

Чтобы выяснить возможность диагностики в этом отношении, было проведено следующее как бы рекогносцировочное исследование.

На поле графика (рис. 32), где по горизонтальным осям последовательно представлены градации группового состава (1—18), а по вертикали — фракционного состава (1—18), прямоугольниками показаны пределы колебания указанных признаков в границах $\pm\sigma$ по отдельным типам почв. Границы варьирования $\pm\sigma$, понятно, далеко не полно охватывают варьирование принятых показателей по каждому типу (лишь около 68% от всех случаев), но эти границы приняты, чтобы более контрастно показать особенности отдельных типов почв. Данные на рис. 30 еще раз хорошо подтверждают сделанные выше выводы относительно возможности подразделения почв на 2 группы по гуматно-фульватному соотношению и высокую диагностическую ценность фракционого состава. По рис. 32 хорошо видно подразделение почв на насыщенные (вверху графика), ненасыщенные (внизу графика) и особое положение 2 типов. Выявляется и обособление отдельных типов почв. Так, не накладываются взаимно поля коричневых ненасыщенных почв и черноземов, сероземов и серых лесных, красноземов тропических. Другие же типы почв имеют взаимно налагающиеся поля варьирования фракционно-группового состава гумуса. Поэтому, хотя рис. 32 в некоторых случаях и может быть полезным при выяснении диагностической ценности имеющихся данных фракционно-группового состава, применение его для диагностики типов почв надо признать ограниченным.

Использованные показатели фракционно-группового состава гумуса далеко еще не исчерпывают всех диагностических возможностей этого вида анализа гумуса. Ведь при построении приведенных графиков учитывалось не только соотношение содержания гуминовых кислот и фульвокислот, но и компоненты, приходящиеся на гумины, воско-смолы и т. д., в одном случае, и, в другом, — суммы 3-й фракции, гидролизата и др. Как видно по рис. 28 и 29, использование этих дополнительных характеристик зачастую выявляет определенные отличия между отдельными типами почв. Поэтому при использовании данных фракционно-группового состава гумуса для диагностики на уровне типов почв было решено воспользоваться именно трехкоординатными графиками.

С этой целью пространство графиков было подразделено на характерные частные поля с границами по прежним секторам, но при некотором их укрупнении, а также по линиям, параллельным гипотенузе. Так график группового состава оказался расчлененным на 30 частных полей, а график фракционного состава — на 21 частное поле (рис. 33).

Расчленение графиков на систему частных полей и нумерация их в известной последовательности позволяли кодировать данные по составу гумуса определенными номерами. Так, если отметка по конкретному разрезу приходится на кодовое поле графика под некоторым номером, то рассматриваемая почва будет принадлежать к известной совокупности почв, характеризуемой вполне определенными пределами в содержании гуминовых кислот, фульвокислот и суммы других компонентов (нерастворимый остаток, воско-смолы и др.), а также фр. 2, 1 + 1а и суммы остальных.

Накладывая затем принятую графическую сетку на вариаграммы отметок по отдельным типам почв (см. рис. 28, 29), можно определить распределение отметок по кодовым полям.

После подсчета отметок, приходящихся на отдельные поля, распределение их выражали в процентах по каждому типу почв (по вертикали). Наконец, были найдены процентные отношения по каждому кодовому полю по горизонтальным строчкам (табл. 28). Последние данные позволяли судить о характеристичности каждого кодового поля в отношении рассматриваемых типов почв или же, другими словами, показывали вероятностную «цену» кода для приведенных в таблице типов почв.

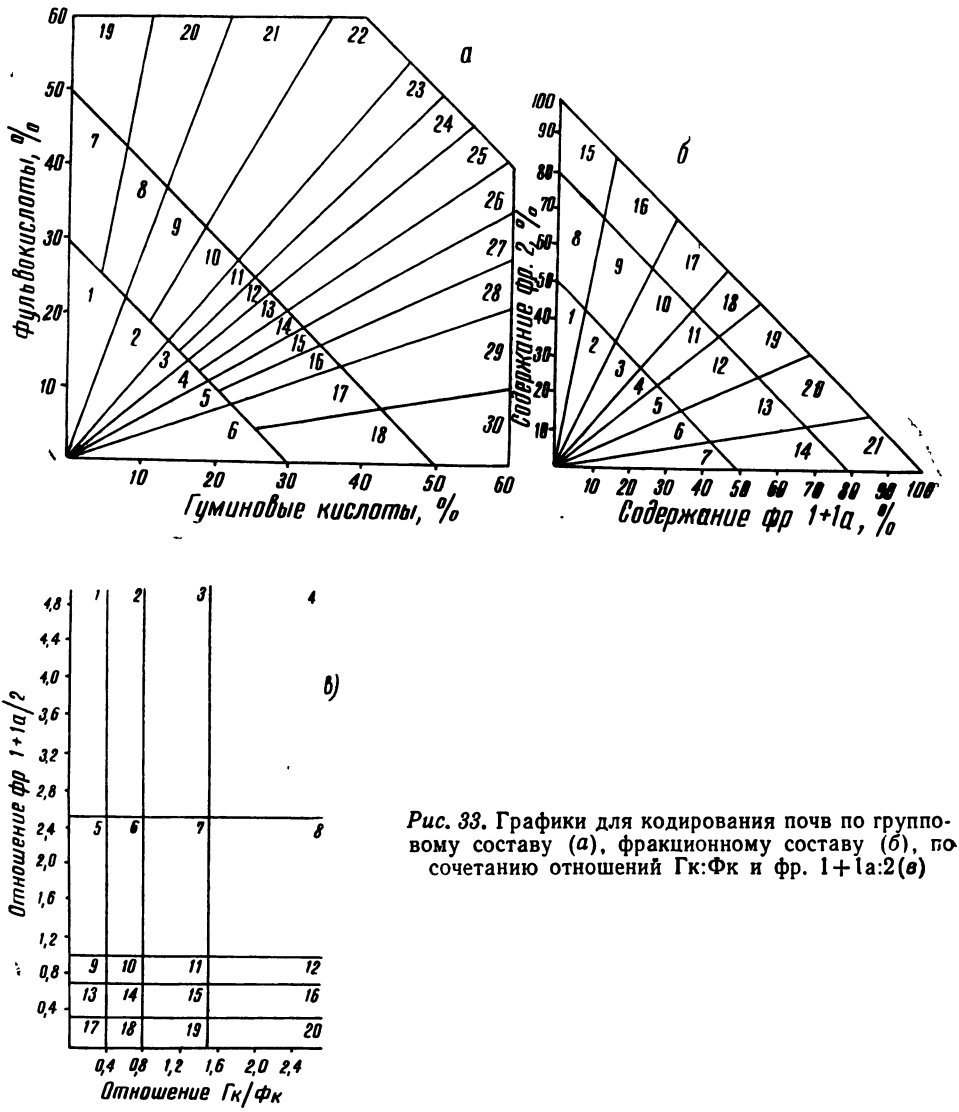


Рис. 33. Графики для кодирования почв по групповому составу (*а*), фракционному составу (*б*), по сочетанию отношений Гк:Фк и фр. 1+1а:2(*в*)

Данные табл. 28 показывают в общем то же, что уже было отмечено выше при разборе распределения почв по отношению Гк/Фк, т. е. распределение рассматриваемых почв по 2 основным группам. Для первой группы наиболее характерны кодовые поля 14, 15, 16, 17, 27, 28, 29, для второй — 8, 9, 10, 21, 22; другие поля менее характеристичны и не позволяют уверенно расчленять почвы указанных групп.

Однако более частные сопоставления позволяют подметить ряд различий, представляющих диагностический интерес. Так, довольно хорошо обособляются сероземы от каштановых почв — первые более фульватны.

Таблица 28

Диагностическая таблица по данным группового и фракционного состава гумуса в вероятностных оценках

Код	Групповой состав гумуса								Фракционный состав гумуса								Сочетание отношений Гк/Фк и фр. 1+1а/2							
	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж
1	57	—	—	—	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	—	50	—	—
2	18	—	—	—	82	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	3	21	30	3	26
3	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	19	7	—	8	43	4	—	19
4	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	—	50	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	27	—	—	—	73	—	—	—	16	—	—	32	8	21	8	15
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	7	14	—	45	6	11	6	11
8	53	—	—	—	31	16	—	—	—	19	62	—	—	—	19	—	—	—	—	100	—	—	—	—
9	32	—	—	4	23	24	5	12	7	41	35	—	—	—	17	—	50	—	—	—	—	50	—	—
10	26	8	—	4	24	14	10	15	11	40	21	22	—	—	6	—	20	—	4	10	—	31	15	20
11	10	18	4	8	16	6	22	16	16	9	—	67	—	8	—	—	16	30	20	17	—	—	17	—
12	12	31	5	9	7	7	17	12	11	—	—	61	—	18	—	10	—	40	30	40	—	—	—	—
13	—	32	13	22	5	4	10	14	6	—	—	11	11	33	18	21	50	—	—	—	—	—	50	—
14	—	52	32	16	—	—	—	—	—	—	—	—	42	15	5	34	13	14	—	14	—	—	59	—
15	—	60	13	27	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	50	—	12	23	27	—	—	—	38	—
16	—	50	17	33	—	—	—	—	—	14	39	—	—	—	47	—	—	17	83	—	—	—	—	—
17	—	100	—	—	—	—	—	—	—	43	43	—	—	—	14	—	50	—	—	—	—	—	50	—
18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	19	—	—	—	—	—	81	—
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29	—	42	—	29	—	39	23	—	—	—	38	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	31	18	39	—	41	49	—	—	—	10	—
21	13	—	—	8	8	30	18	23	—	—	—	—	16	32	11	41								
22	10	3	—	4	14	29	22	18																
23	10	12	4	16	—	18	22	18																
24	—	13	11	27	—	6	24	19																
25	—	12	28	30	—	6	14	10																
26	—	7	41	39	—	—	10	13																
27	—	—	73	27	—	—	—	—																
28	—	—	71	29	—	—	—	—																
29	—	—	67	33	—	—	—	—																
30	—	—	—	—	—	—	—	—																

Между каштановыми почвами и черноземами различия выражены слабее, но довольно многочисленная часть черноземов имеет явно более высокое содержание гуминовых кислот, не встречающееся среди каштановых почв (поля 27, 28, 29). Расположение на рис. 28 данных для черноземов и серых лесных почв различий между ними не обнаруживает. Заметим, что поля 27, 28, 29 характерны лишь для черноземов и серых лесных почв. Поэтому же понятно, что серые лесные почвы распределяются существенно иначе, чем подзолистые; распределение серых лесных почв во многих случаях заметно отличается и от такового бурых лесных. В то же время бурые лесные, коричневые почвы и желтоземы распределяются в общем сходным образом. Своеобразны поля 1 и 2, на которые приходятся лишь сероземы и подзолистые почвы.

Как видим, учет, помимо отношения Гк/Фк, доли других компонентов гумуса в ряде случаев дает дополнительные возможности диагностирования.

Данные табл. 28, показывающие распределение отметок фракционного состава, получены по той же методике, которая применена в предыдущих случаях.

Рассматриваемые в табл. 28 почвы распределяются по кодовым полям более дифференцированно, чем в предыдущем случае (по групповому составу). Есть ряд полей, характерных лишь для одного типа почв (2, 3, 4, 5, 18) или для 2 типов (поля 6, 15), ряду полей присущи и 3 типа почв (поля 8, 16, 17, 19). Все это свидетельствует о высокой диагностической ценности учета 3 компонентов фракционного состава гумуса.

Выше исследована возможность использования в диагностических целях показателей группового и фракционного состава порознь. Но диагностически ценен должен быть и сопряженный учет этих показателей качественного состава гумуса.

С целью сопряженного учета данных группового и фракционного состава гумуса было решено использовать величины отношений Гк/Фк и фр. 1 + 1а/2, приняв их в качестве координат соответствующего графика (см. рис. 33). Нанесение на график отметок по исследованным типам почв показало известную локализацию отметок, что дало возможность расчленить поле графика на кодовые поля. Подсчитав затем распределение отметок по кодовым полям, как это было сделано в предыдущих случаях, получили диагностическую табл. 28.

Как видим, с помощью данных, приведенных в таблице, можно в определенных случаях получить дополнительную диагностическую информацию. В этом смысле, например, обещающи кодовые поля 8, 9, 13, 16, 17, 18, по которым в таблице имеется лишь один или два типа почв. Кодовые поля 2, 3, 6, 7, 15, 16, 19, 20 хорошо расчленяют черноземы и серые лесные почвы.

В табл. 28 вероятностная диагностическая оценка дана в относительных величинах (сумма оценок в пределах отдельного кода равна 100).

После получения всех диагностических таблиц естественным было проверить их практическую диагностическую ценность. Чтобы такая проверка оказалась более понятной в практическом осуществлении, проведем диагностику в ее простейшем примере — всего по 2 типам: черноземам и серым лесным почвам.

Данные состава гумуса по 2 разрезам чернозема и 3 разрезам серых лесных почв приведены в табл. 29. При помощи рис. 33 находим коды для каждой почвы (табл. 30) по данным группового, фракционного состава и сочетания значений отношений Гк/Фк и др. 1 + 1а/2. Затем в соответствии с табл. 28 определяем вероятность показателя принадлеж-

Таблица 29

Основные показатели группового и фракционного состава по некоторым разрезам черноземов и серых лесных почв

Почва	Групповой состав, %		Фракционный состав, %		Гк/Фк	1+1а/2	Код		
	Гуминовые к-ты	Фульвокислоты	фр. 1+1а	фр. 2			по групповому составу	по фракционному составу	по сочетанию Гк/Фк и 1+1а/2
Чернозем	44,2	21,4	8,0	79,9	2,1	0,10	28	15	20
„	46,0	22,0	25,5	46,3	2,1	0,55	28	10	16
Серая лесная	24,1	30,5	50,8	23,6	0,79	2,15	22	12	6
„	25,8	28,5	46,7	9,7	0,94	4,81	23	13	3
„	21,0	33,1	27,0	38,3	0,63	0,70	22	10	10

Таблица 30

Примеры диагностики на основе данных группового и фракционного состава гумуса по некоторым разрезам черноземов и серых лесных почв

Диагностические признаки	Почвы по таблице 29														
	1 (Ч)			2 (Ч)			3 (Сл)			4 (Сл)			5 (Сл)		
	Код	Ч	Сл	Код	Ч	Сл	Код	Ч	Сл	Код	Ч	Сл	Код	Ч	Сл
Групповой состав	28	1	1	28	1	1	22	0	1	23	1	1	22	0	1
Фракционный состав	15	1	0	10	1	1	12	0	1	13	0	1	10	1	1
Сочетание группового и фракционного состава	20	1	0	16	1	0	6	0	1	3	0	1	10	1	1
Итоговая диагностика	—	1	0	—	1	0	—	0	1	—	0	1	—	0	1

ности почв. Просмотрим далее характер диагностических значений по нашим почвам.

По почве 3 все химические показатели однозначно определяют ее как серую лесную, что и отвечает природе почвы. По почвам 1 и 4 данные группового состава не позволяют различить черноземы и серые лесные. Но учет фракционного состава, а также сочетания показателей группового и фракционного состава уже исключают в первом случае серую лесную, а во втором — чернозем, что находится в согласии с их действительной принадлежностью. Пример почвы 2 — случай, когда выявить природу почвы позволяет лишь сопряженный учет группового и фракционного состава. Наконец, почва 5 является примером, когда почва должна диагностироваться как серая лесная по данным группового состава, хотя фракционный состав и сочетание отношений Гк/Фк и фр. 1 + 1а/2 не позволяли обособить одну почву от другой.

Среди 10 разрезов черноземов и 10 разрезов серых лесных почв, взятых для этой опытной диагностики, не оказалось ни одного, по кото-

Таблица 31

Примеры диагностики черноземов из набора 8 типов почв на основе данных по качественному составу гумуса с привлечением показателей содержания гумуса, CO_2, pH

№ разреза	Диагностический признак	Код	Диагностика															
			в вероятностных значениях								в двоичном выражении							
			С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж	С	К	Ч	Сл	П	Бл	Кч	Ж
1	Групповой состав	25	—	12	28	30	—	6	14	10	0	1	1	1	0	1	1	1
	Фракционный состав	8	—	19	62	—	—	—	19	—	0	1	1	0	0	0	1	0
	Сочетание	19	—	39	23	—	—	—	38	—	0	1	1	0	0	0	1	0
	Диагностическая вероятность	—	—	23	37	—	—	—	23	—	0	1	1	0	0	0	1	0
	Гумус, CO_2, pH	—	—	—	49	—	—	—	26	—	0	0	1	0	0	0	1	0
	Средн. итог	—	—	—	43	—	—	—	24	—	0	0	1	0	0	0	1	0
	Относительная вероятность	—	—	—	1,0	—	—	—	0,56	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	Групповой состав	28	—	—	71	29	—	—	—	—	0	0	1	1	0	0	0	0
	Фракционный состав	15	—	—	50	—	—	—	50	—	0	0	1	0	0	0	1	0
	Сочетание	20	—	41	49	—	—	—	10	—	0	1	1	0	0	0	1	0
	Диагностическая вероятность	—	—	—	50	—	—	—	—	—	0	0	1	0	0	0	0	0
	Гумус, CO_2, pH	—	—	—	49	—	—	—	26	—	0	0	1	0	0	0	1	0
	Средн. итог	—	—	—	50	—	—	—	—	—	0	0	1	0	0	0	0	0
	Относительная вероятность	—	—	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

рому нельзя было бы получить однозначный ответ об их типовой принадлежности.

Конечно, диагностика становится более сложной при расширении набора типов почв, что практически проявилось и в нашем исследовании при разработке диагностики на примере 8 типов почв: сероземов, каштановых, черноземов, серых лесных, подзолистых, бурых лесных, коричневых, желтоземов.

Два примера диагностики черноземов при выборе из 8 перечисленных возможных типов почв приведены в табл. 31. В этой таблице диагностика проведена как в форме вероятностных оценок, так и в двоичном выражении. Оценка, например, в первом случае, когда допускаются 2 типа почв (чернозем и коричневые), показывает большую вероятность чернозема (1,0 против 0,5 у коричневой). Пятая строка в таблице с двоичным обозначением дает итоговый результат диагностики уже с учетом средних данных по гумусу, CO_2 и pH.

Для более полного выяснения возможностей диагностики на уровне типа почв взято по 10 разрезов для каждого типа. Однозначных ответов было относительно немного — 14% от общего числа случаев; возможность принадлежности почвы к 2 типам допускалась в 21% случаев, к 3 типам — в 40% и в 25% — к большему числу типов. Относительно большее число исключающих ответов (т. е. диагностика с наименьшими вариантами решений) было в случае сероземов, черноземов и каштановых почв; наименее определенно диагностировались по данным группового и фракционного состава серые и бурые лесные почвы.

Однако много неоднозначных ответов (возможная принадлежность почвы к 2—3 типам) отнюдь не свидетельствует об ограниченных возможностях метода. Не следует упускать из виду, что на рассматриваемом этапе диагностики мы пользуемся пусть и важными аналитическими характеристиками, но являющимися лишь частью из обычно привлекаемых для диагностики. Действительно, из просмотра результатов диагностических оценок по составу гумуса легко заметить, что когда, например, в случае серозема допускалась принадлежность почвы еще к серой и бурой лесной, было ясно, что достаточно учесть также степень карбонатности почвы и ее pH, чтобы 2 последние почвы полностью отпали. Во многих других случаях такой важной дополнительной диагностической характеристикой могло бы явиться распределение гумуса по почвенному профилю.

Чтобы подтвердить высказанную мысль, диагностические оценки по каждой из 10 почв рассматриваемых типов сопоставлены с диагностическими оценками по содержанию гумуса, CO_2, pH, найденным по средним данным, полученным также из 10 разрезов для каждого типа почв (примеры по почвам 2 типов приведены в табл. 31). Сопоставление резко повысило число однозначных ответов — до 62%; возможность принадлежности почвы к 2 типам допускалась уже в 32% от общего числа случаев и лишь в 7% сохранялась возможность отнесения почвы к 3 типам. При этом в случае допущения 2 типов почв в большинстве примеров было ясно, что дополнительный учет морфологии почв или климатических условий легко привел бы к однозначному решению (например, при разграничении черноземов и коричневых лесных, бурых и серых лесных почв). Могли бы оказаться полезными и данные валового анализа.

Представляло интерес выяснить относительную диагностическую ценность отдельных принятых показателей состава гумуса. С этой целью использовано сопоставление исключающих (нулевые) ответов по итоговой диагностике и по каждой из отдельных характеристик. Если число первых принять за 100%, то диагностическая ценность отдельных

характеристик будет определена следующими величинами: совместный учет всех данных группового и фракционного состава гумуса 100%, по фракционному составу — 80%; по групповому составу — 41%; по сочетанию показателей Гк/Фк и фр. 1 + 1а/2 — 63%.

Приведенные результаты очень хорошо подтверждают высокую диагностическую ценность данных фракционного состава гумуса (по методу Тюрина) и относительно невысокую значимость данных группового состава, если они взяты отдельно. Совместный учет всех принятых в нашем исследовании показателей состава гумуса дает более высокий диагностический эффект, чем любая из отдельно взятых характеристик.

В изложенном выше исследовании были использованы данные состава гумуса в верхнем 20-сантиметровом слое. Но из этого не следует, что мы вообще исключали использование с диагностическими целями данных о составе гумуса в более глубоких слоях. Использование на первом этапе диагностики данных для верхнего 20-сантиметрового слоя — скорее следствие крайне малого числа опубликованных материалов по составу гумуса для более глубоких слоев почв.

Между тем попытка рассмотреть по доступным данным характер изменения состава гумуса по профилю по отдельным типам почв выявила, что этим путем можно получить ценную дополнительную диагностическую информацию. Так, весьма показательны различия в изменении состава гумуса по профилю в серых лесных и бурых лесных почвах: в первых с глубиной происходит последовательное и значительное понижение содержания фр. 1 + 1а и увеличение фр. 2, в бурых лесных максимум содержания фр. 2 отмечен в некоторой средней части профиля.

Однако из-за малочисленности данных по составу гумуса во всем профиле более полную разработку с целью их использования не проводили.

В итоге можно сказать, что

предложенный координатный метод диагностики почв позволяет при использовании данных группового и фракционного состава гумуса для диагностики почв количественно оценивать вероятную принадлежность почвы к тому или другому генетическому типу;

этот метод дает также возможность вести диагностику как по крупным классификационным подразделениям, так и применительно к отдельным типам почв;

составленные графики с полями распределения точечных отметок группового и фракционного состава гумуса по типам почв полезны непосредственно для целей определения типичности или переходного характера данных фракционно-группового состава гумуса отдельных разрезов почв в зависимости от того, ложится ли отметка разреза в центре поля отметок соответствующего типа или на его периферии.

ДИАГНОСТИКА КООРДИНАТНЫМ МЕТОДОМ ПО ОСНОВНЫМ СТРУКТУРНЫМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМ КЛАССИФИКАЦИИ

В предыдущих главах разъяснены основы координатного метода и показана возможность его применения на примере 8 генетических типов почв. Последние были выбраны, прежде всего, как весьма характерные и в связи с тем, что по ним имеется наибольшее число аналитических данных.

Подтвердившаяся возможность диагностики типов почв при помощи координатного метода позволила сделать заключение, что по мере накопления необходимых фактических данных по большему числу типов почв координатный метод можно будет использовать для целей диагностики на уровне главных подразделений классификации: по формам гумуса, минеральным фазам, почвенным общностям. Этим самым была бы создана основа для обнаружения или предсказания свойств почв пока еще не выявленных типов.

Диагностика по формам гумуса

Уже в предыдущей главе была отмечена возможность объединения исследованных генетических типов почв по их групповому и фракционному составу в соответствии с первым подразделением классификации — по формам гумуса. С этой целью все собранные данные по групповому и фракционному составу, охватившие почвы 16 генетических типов (или групп генетически близких типов), были сгруппированы по качественному составу гумуса в соответствии с системой типов органоминеральных реакций. Приняты во внимание следующие качественные виды гумуса:

ГГФСа — гумино-гуматно-фульватный магний-кальциевонасыщенный;
ФГСа — фульватно-гуматный магний-кальциевонасыщенный;
ФГН — фульватно-гуматный ненасыщенный;
ГФСа — гуматно-фульватный магний-кальциевонасыщенный;
ГФН — гуматно-фульватный ненасыщенный;
ФГРСа — фульватно-гуматный редуктивный магний-кальциевонасыщенный;
ГФРН — гуматно-фульватный редуктивный ненасыщенный.

Для выяснения диагностических признаков указанных качественных видов гумуса привлечены данные по почвам соответствующих типов. Так, для гумуса вида ГГФСа использованы данные по сероземам и такырным почвам; для ФГСа — по каштановым, черноземам, смолницам; для ФГН — по серым лесным; для ГФСа — по коричневым насыщенным; для ГФН — по дерново-подзолистым, бурым лесным, желтоземам, красноземам тропическим; для ФГРСа — по коричневым выщелоченным; для ГФРН — по тундровым, лесотундровым и тропическим «желтым» почвам. Последующая обработка осуществлялась в принятой последовательности, и в итоге получена диагностическая таблица (табл. 32).

Код	Отношение Гк/Фк/Гум.							Отношение фр. 1 /2/ 3							Сочетание отношений		
	ГГФСа	ФГСа	ФГН	ГФСа	ГФН	ФГРСа	ГФРН	ГГФСа	ФГСа	ФГН	ГФСа	ГФН	ФГРСа	ГФРН	ГГФСа	ФГСа	ФГН
1	50	—	—	—	14	—	36	—	100	—	—	—	—	—	50	—	—
2	39	—	—	—	33	—	28	84	16	—	—	—	—	—	19	—	3
3	—	—	—	—	—	—	—	91	—	—	—	—	—	9	30	2	11
4	—	—	—	—	—	—	—	84	—	—	—	18	—	16	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	45	—	—	—	44	—	37	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	32	—	—	—	73	—	24	15	—	28
7	—	—	—	—	12	—	88	—	—	—	—		—	27	5	3	41
8	32	—	—	—	21	—	47	—	59	—	41	—	—	—	—	—	100
9	35	—	6	5	24	5	25	14	47	—	39	—	—	—	—	—	—
10	32	3	5	15	16	14	15	20	28	28	13	5	—	11	18	2	7
11	13	9	7	23	13	22	13	12	5	68	—	13	—	10	9	19	10
12	10	21	8	18	8	22	13	8	—	69	—	38	—	10	—	56	44
13	—	36	26	11	8	11	8	5	—	13	—	35	38	6	36	—	—
14	—	72	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	52	13	13	3	13
15	—	56	44	—	—	—	—	—	46	—	54	—	—	—	14	38	—
16	—	43	57	—	—	—	—	—	27	—	73	—	—	—	—	100	—
17	—	—	—	—	—	—	—	—	53	—	37	—	—	10	—	—	—
18	—	—	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	—	50	14	—	—
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67	—	—	—	33	—	44	—
20	—	—	—	—	50	—	50	—	—	—	—	7	43	50	—	83	—
21	10	—	10	20	25	22	13		—	—	—	6	29	65			
22	9	1	6	27	22	29	6										
23	8	6	16	26	10	24	10										
24	—	14	22	24	8	22	10										
25	—	26	32	16	4	18	4										
26	1	41	36	10	3	10	—										
27	—	63	37	—	—	—	—										
28	—	60	40	—	—	—	—										
29	—	50	50	—	—	—	—										
30	—	—	—	—	—	—	—										

Поскольку качественная природа гумуса находится в непосредственной связи с другими химическими свойствами почвенной массы, для целей диагностики использованы еще и данные по содержанию и распределению карбонатов в почвенном профиле (по CO_2), а также и значения pH (в таблицу введены путем группировки соответствующих данных по типам почв).

Для выяснения диагностических возможностей таблицы проведена опытная диагностика по 50 выборочно взятым разрезам (10 — сероземы, 10 — черноземы, 10 — дерново-подзолистые и подзолы, 10 — серые лесные, 10 — коричневые)*.

Эта диагностика дала весьма обнадеживающие результаты. При проведении ее на уровне доверительных границ 0,95, т. е. при исключении диагнозов с вероятностью 5% и меньше, и при учете возможности или невозможности явлений устойчивого переувлажнения (исходя из представления о природе соответствующего типа) оказалось, что в 76% от общего числа разрезов получен правильный и однозначный ответ о качественном составе гумуса, а в остальных 24% допускалось 2 вида

* В некоторых случаях, при «некомплектности» опубликованных аналитических данных, показатели по CO_2 или pH были взяты по другим почвенным разрезам соответствующего типа и географически близким.

качественному составу гумуса

Гк/Фк и 1+1а/2				CO_2							pH						
ГФСа	ГФН	ФГРСа	ГФРН	ГГФСа	ФГСа	ФГН	ГФСа	ГФН	ФГРСа	ГФРН	ГГФСа	ФГСа	ФГН	ГФСа	ГФН	ФГРСа	ГФРН
—	25	—	25	—	2	12	6	41	6	33	—	—	—	—	25	—	75
—	32	14	32	—	45	—	55	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—
—	29	—	28	—	76	—	24	—	—	—	—	—	—	—	8	—	24
—	—	—	—	—	94	—	6	—	—	—	—	—	—	—	46	—	54
—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	23	—	48	—	29
—	17	23	17	—	50	—	50	—	—	—	—	4	16	—	22	—	58
—	11	29	11	—	75	—	25	—	—	—	—	12	32	2	26	2	26
—	—	—	—	25	50	—	25	—	—	—	—	2	49	7	27	7	8
—	—	—	—	57	15	—	28	—	—	—	—	20	30	—	10	—	40
—	18	39	17	—	—	—	—	—	—	—	—	28	6	27	6	24	9
15	—	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	14	29	9	29	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41	25	17	—	17	—
64	—	—	—	—	68	—	32	—	—	—	—	24	8	33	—	35	—
71	—	—	—	15	70	—	9	—	6	—	—	8	—	48	—	44	—
48	—	—	—	33	50	—	17	—	—	—	12	38	—	25	—	25	—
—	—	—	—	47	38	—	15	—	—	—	45	18	—	18	—	19	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70	10	—	10	—	10	—
86	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	50	—	—	—	—	—
56	—	—	—	—	61	—	39	—	—	—	52	50	—	—	—	—	—
17	—	—	—	12	64	—	24	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—
				33	49	—	18	—	—	—							
				57	19	—	14	—	—	—							
				—	—	—	—	—	—	—							
				—	—	—		—	—	—							
				—	—	—	100	—	—	—							
				40	20	—	40	—	—	—							
				62	9	—	29	—	—	—							
				92	3	—	5	—	—	—							

качественного состава гумуса при заметно большей вероятности действительно присущего вида.

Весьма интересной оказалась и сравнительная оценка диагностической значимости использованных характеристик. Наиболее высокой диагностичностью, как оказалось, обладают данные фракционного состава (по ним получено наибольшее число «нулевых», т. е. исключающих ответов), а наименьшей — соотношение гуминовых кислот, фульвокислот и гуминов.

При принятии за 100% числа исключающих ответов по диагнозам с использованием данных фракционного состава остальные показатели располагаются в следующем порядке:

Диагностические показатели	Относительная «диагностичность», %	Вероятность получения правильного и однозначного ответа
Отношение фр. 1/2/3	100	0,62
Отношение Гк/Фк/Гум	32	0,24
Сочетание отношений Гк/Фк и фр. 1+1а/2	89	0,56
pH	82	0,52
CO_2	81	0,51

Хотя некоторые из оценок вероятности получения правильных и однозначных ответов имеют низкие значения, использование их в общей совокупности ведет к полезным результатам.

Диагностика по минеральным фазам

В главе 6 была обоснована необходимость различать 6 основных фаз минеральных превращений в почвах (каменисто-обломочная, обызвесткованная, сиаллитная, глинная, ферраллитная, опесчаненная) и приведен ряд показателей характерных качеств этих минеральных фаз. В связи с разработкой методов объективной диагностики почв предпринимается попытка использовать для этой цели некоторые характеристики минеральной части почв, получаемые методами химического и физико-химического анализа.

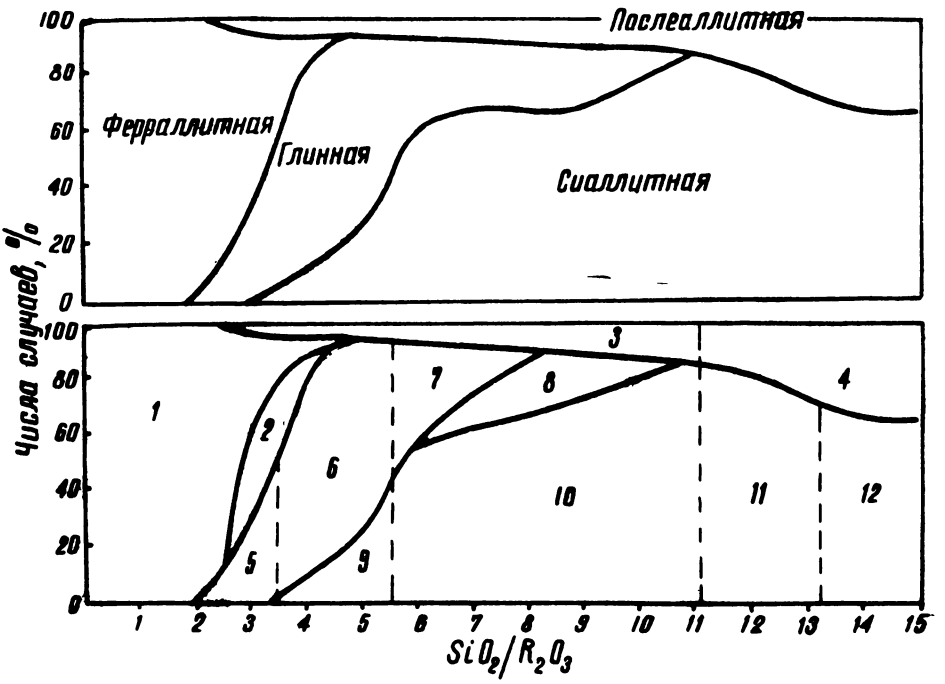


Рис. 34. Изменение вероятного соотношения между минеральными фазами в почвах при разных значениях: SiO_2/R_2O_3

а—обобщенный график; *б*—предлагаемое подразделение с возможными переходными фазами (подвиды): *1*—ферраллитная; *2*—глинно-аллитная, *3*—опесчаненная сиаллитно-аллитная; *4*—ферраллитно-опесчаненная; *5*—ферраллитно-глинная, *6*—глинная; *7*—сиаллитно-глинная, *8*—опесчаненно-глинная, *9*—глинно-сиаллитная; *10*—сиаллитная; *11*—опесчаненно-сиаллитная; *12*—сиаллитно-опесчаненная

Почвы, относимые к сиаллитной, глинной и ферралитной фазам минеральных превращений, обнаруживают определенную связь с отношением Si/R. Поэтому естественным было желание использовать для объективной диагностики минеральной части почв именно это соотношение.

Нам представилось полезным воспользоваться здесь рис. 7. Сопоставляя гистограммы распределения числа случаев с разными значениями Si/R для почв основных минеральных фаз — сиаллитной, глинной и ферраллитной, видим, что на разных участках шкалы почвы указанных минеральных фаз имеют разное относительное соотношение. Рассчитав затем относительное участие почв этих 3 минеральных фаз последовательно, по мере возрастания отношения Si/R, получим рис. 34. График позволяет определить для почвы с тем или другим значением

Si/R вероятную сопряженность ее с той или другой минеральной фазой. Это наглядно видно по примерам, приводимым в табл. 33.

Как видим, в первом случае почва однозначно определяется как сопряженная с ферраллитной фазой. В 2 последующих примерах высока вероятность связи с глинной фазой, что также отвечает природе почв, как и в 2 последующих случаях, когда с большой вероятностью выявляется сиаллитная фаза.

Таблица 33

Примеры вероятностной оценки минеральных фаз почв

Почва	Si R	Вероятность принадлежности минеральной части почв к фазе, %		
		сиаллитной	глинной	ферраллитной
Темно-красная ферраллитная (Вьетнам. Фридланд, 1964)	**1,88**	0	0	100
Черная тропическая (Индия, Tamhane, Namjoshi, 1959)	4,38	14	78	8
Смолницы (Болгария, Койнов, 1964)	4,94	9	72	19
Чернозем (Горшенин, 1955)	7,20	67	24	9
Подзол (Роде, 1937)	10,60	84	2	14

Уже в приведенных примерах допускается вероятность, скажем, для подзолов, еще и ферраллитной фазы, для смолниц и черных тропических — сиаллитной и ферраллитной.

В какой-то мере и эти допущения — результат использования только одного показателя Si/R. Но если вновь обратиться к рис. 7 и детально рассмотреть взаимоналожение гистограмм 3 групп почв, то мы должны будем допустить наличие некоторых переходных фаз. Такие фазы минеральных преобразований можно, очевидно, усмотреть в случае почв с чертами перехода к другим типам. В обоих случаях, хотя почвы в своем типичном проявлении сопряжены с глинной фазой, отношение Si/R почв оказывается лежащим в пределах, обычных для последующей или предыдущей минеральных фаз. Подобным образом могут быть истолкованы и другие переходные фазы, показанные на рис. 7.

Особого разбора заслуживает показ ферраллитной фазы за пределами значений Si/R более 3,5. Отмеченное в главе 6 дает основание видеть на этом участке шкалы уже, собственно, дериват ферраллитной фазы, фазу ее глубокого опесчанивания.

Итак, можно заключить, что вероятностные оценки сопряженности почвы с той или другой фазой минеральных преобразований имеют не только численное диагностическое значение, но могут служить и целям более углубленного анализа природы минеральной части почв.

Использованная выше характеристика минеральной части почв не является прямым показателем состава минеральной части. Ответ на это, очевидно, могли бы дать лишь непосредственные исследования минералогического состава почв, которые, кстати, в последнее время быстро расширяются и особенности минералогического состава основных типов почв уже во многом определились (Горбунов, 1963).

Однако, хотя все эти данные весьма полезны для выяснения вопроса генезиса отдельных типов почв, использование их для прямых диагностических целей пока что было ограниченным. Подобная задача на первых порах и не ставилась. Но есть и другое обстоятельство, затрудняющее решение подобной задачи, — отсутствие количественных оценок наличия отдельных минералов в преобладающей части минералогиче-

ских характеристик. Относительная доля участия того или другого минерала обычно определяется как «преобладающие», «характерные», «примеси к основным» и т. п.

Автор, имея в виду цели диагностики, предпринял попытку перевести имеющиеся в литературе характеристики относительного содержания тех или других минералов почвы в более сопоставимую форму. При этом применена пятибалльная шкала относительного участия отдельных минералов:

отсутствие минерала	—0
сопутствующий	—1
примесь к основным	—2
в числе характерных	—3
преобладающий	—4

На основе данных о минералогическом составе почв разных генетических типов (Горбунов, 1963; Розанов, 1951; Лобова, 1960 и др.)

Таблица 34

Диагностическая таблица для определения фаз минеральных преобразований по данным минералогического состава почв

Глинные минералы	Баллы	Фазы выветривания				Глинные минералы	Баллы	Фазы выветривания			
		Обызвествованная	Сиаллитная	Глинная	Ферраллитная			Обызвествованная	Сиаллитная	Глинная	Ферраллитная
Гидрослюды	0	—	—	—	100	Гиббсит	0	55	45	—	—
	1	—	50	40	10		1	30	20	30	20
	2	—	60	30	10		2	—	10	50	40
	3	40	35	20	5		3	—	—	—	100
	4	60	25	15	—		4	—	—	—	—
Монтмориллонит	0	—	—	—	100	Галлуазит	0	35	35	30	—
	1	60	20	10	10		1	—	—	50	50
	2	50	40	10	—		2	—	—	30	70
	3	—	50	50	—		3	—	—	—	100
	4	—	30	70	—		4	—	—	—	—
Аллофан, аморфные вещества (SiO_2, R_2O_3)	0	60	30	10	—	Кварц	0	50	20	20	10
	1	30	25	35	10		1	20	40	20	20
	2	—	10	40	20		2	—	—	—	—
	3	—	10	60	30		3	—	—	—	—
	4	—	—	—	—		4	—	—	—	—
Каолинит	0	60	40	—	—	Невыветрелые минералы	0	—	—	—	100
	1	50	40	10	—		1	70	20	10	—
	2	—	10	50	40		2	—	—	—	—
	3	—	10	20	70		3	—	—	—	—
	4	—	—	—	100		4	—	—	—	—
Гетит	0	90	10	—	—						
	1	40	40	20	—						
	2	20	20	40	20						
	3	—	—	20	80						
	4	—	—	—	100						

была выяснена повторяемость баллов по каждому обычно определяемому минералу илистой части почв, по группам почв, сопряженных с соответствующими фазами минеральных преобразований (состав почв по этим группам уже разъяснен выше). В итоге после известного общего

согласования частных оценок получена табл. 34. В этой таблице вероятное распространение каждого минерала оценено в процентах по каждой фазе минерального преобразования (по горизонтальным строкам сумма равна 100%).

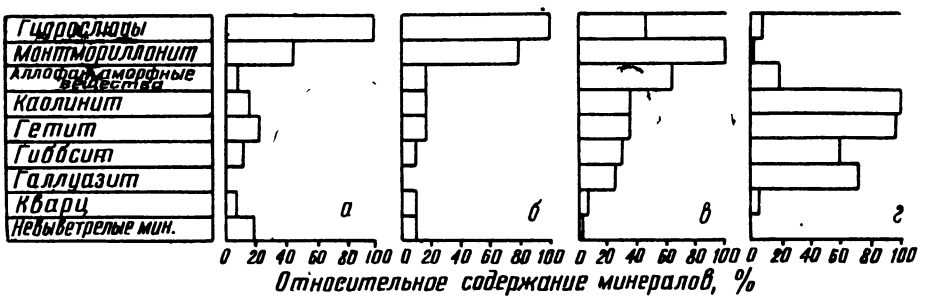


Рис. 35. Относительное содержание минералов в илистой фракции почв (<0,001 *мм*), сопряженных с выделяемыми фазами минеральных преобразований *а*—обызвесткованная, *б*—сиаллитная, *в*—глинная, *г*—ферраллитная

Рациональный характер табл. 34 можно обнаружить, произведя попытку выяснить изменение соотношения между минералами по фазам почвенного выветривания. Условно приняв, что оценка в баллах отражает некоторые равноинтервальные градации содержания отдельных минеральных компонентов, и перемножив затем величину балла на процентное содержание отдельных минералов по соответствующим клеткам

Таблица 35

Состав минералов в илистой фракции (<0,001 *мм*) разреза № 8524 (А) желтоземной почвы, по данным рентгеноскопических исследований

Минералы	Горизонт и содержание минералов, в %				Оценка обилия минерала в баллах
	гор. А 1—5 *см*	гор. A_2 В 14—19 *см*	гор. В 40—45 *см*	гор. ВС 90—95 *см*	
Монтмориллонитовой группы	60	50	50	50	4
Каолинит	10	15	15	15	2
Слюды и гидрослюды	Мало	Мало	Мало	Мало	1
Кварц	4	3	2	3	1
Аллофан, аморфные вещества (SiO_2, R_2O_3, гумусовые вещества)	26	32	33	32	3

таблицы, просуммировав далее произведения по каждой из фаз, мы можем установить относительное участие отдельных минералов по фазам выветривания, принимая наибольшую сумму за 100%. В итоге расчетов получены данные, послужившие основой для составления рис. 35.

Этот график показывает особенности минералогического состава илистой фракции почв на различных фазах минеральных преобразований, иными словами, дает как бы типовые минералогические эталоны по рассматриваемым фазам минеральных преобразований в почве.

При наличии данных о минералогическом составе илистой части почв, оценив относительное наличие отдельных минералов в баллах по приведенной выше шкале, можно затем с помощью табл. 34 выяснить вероятную сопряженность ее с той или другой фазой минеральных преобразований. Поясним это на примере разреза желтозема (табл. 35), по которому имелись процентные оценки относительного наличия отдельных минералов (Ковалев, 1966).

Чтобы выяснить, какой минеральной фазе соответствует эта почва, воспользуемся табл. 34, с которой снимем вероятностные значения для каждого минерала в отношении каждой из фаз.

Как видим, использованный метод исключил обызвесткованную и ферраллитную фазы и с большой вероятностью свидетельствует о сопряженности почвы с глинной фазой.

Таблица 36

Вероятностная оценка минеральной фазы желтозема Ленкоранской области

Минералы	Баллы	Вероятность принадлежности минеральной части почвы к отдельным фазам			
		Обызвест-кованая	Сиаллитная	Глинная	Ферраллит-ная
Монтмориллонитовой группы	4	—	30	70	—
Каолинит	2	—	10	50	40
Слюды и гидрослюды	1	—	50	40	10
Кварц	1	20	40	20	20
Аллофан, аморфные вещества	3	—	10	60	30
Относительная вероятность	—	0	0,58	1,0	0

Изложенное относительно возможности диагностики на уровне минеральных фаз свидетельствует об определенных перспективах в этом направлении. Однако прямое использование показателя Si/R или минералогического состава для практической диагностики, пожалуй, не может быть рекомендовано по той причине, что первый показатель, хотя и очень полезен, лишь в немногих случаях может дать однозначный ответ о минеральной фазе той или другой почвы, а данных по минералогическому составу пока что в общем мало.

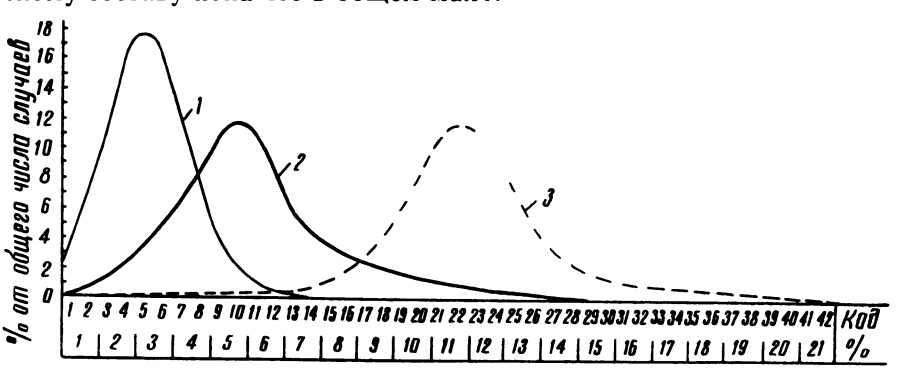


Рис. 36. Кривые распределения числа случаев почвенных образцов с разным содержанием гидратной воды (%) в почвах установленных фаз минеральных преобразований: *1*—сиаллитная; *2*—глинная; *3*—ферраллитная

Поэтому представляется более полезным пойти по тому же пути, что и в случае диагностики по качественному составу гумуса, т. е. использовать комплекс более доступных диагностических признаков.

Прежде всего было решено воспользоваться сочетанием отношений Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3, как это уже делалось при диагностике на примере 8 типов почв. С этой целью использованы как данные по указанным 8 типам почв, так и по некоторым другим — всего по 16 типам. Для выяс-

нения характерных диагностических признаков обызвесткованной фазы взяты данные по сероземам; для собственно сиаллитной — по каштановым, черноземам, серым лесным, дерново-подзолистым; для глинной — по бурым лесным, коричневым, желтоземам, смолницам, черным тропическим; для ферраллитной — по красноземам субтропическим и тропическим, аллитам тропическим. Итоги обработки внесены в диагностическую табл. 37.

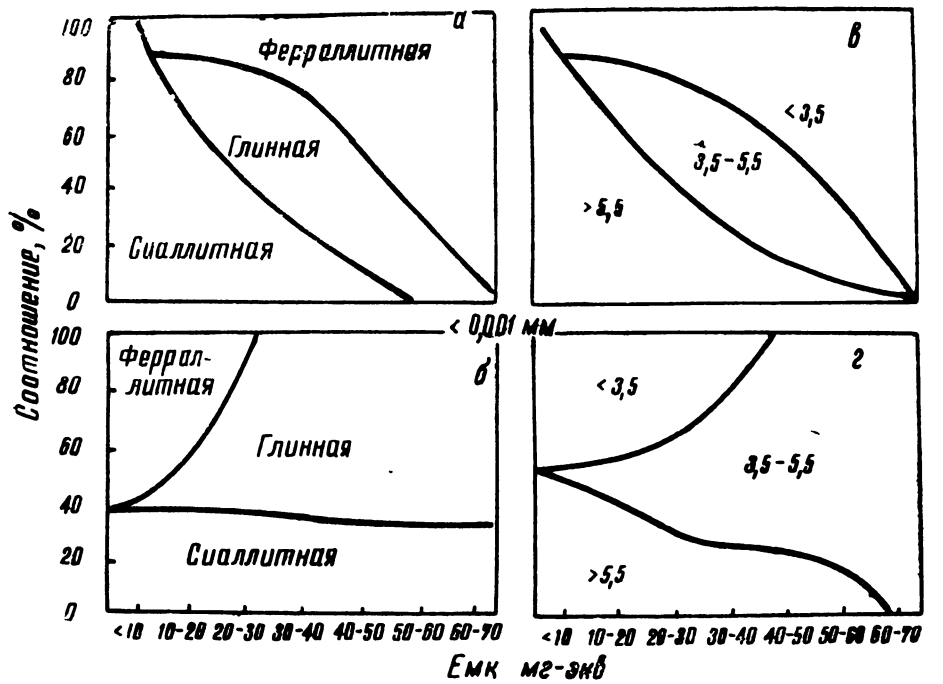


Рис. 37. Изменение вероятного соотношения почв разных фаз минеральных преобразований при разном содержании частиц <0,001 *мм* и величине емкости поглощения. Графики *а* и *б* получены при обобщении по соответствующим группам типов почв, *в* и *г*—при обобщении по группам почв, подразделенным по значениям отношения SiO_2/R_2O_3 (<3,5; 3,5—5,5; >5,5)

Для диагностики были использованы и данные по гидратной воде. Как видно по рис. 36, содержание гидратной воды в диагностическом отношении довольно показательно. Об этом же свидетельствуют и данные табл. 37, составленные по рис. 36 с кодированием содержания гидратной воды по 0,5%-ным интервалам и исключением налагающихся пологих участков кривых распределения примерно в объеме, отвечающем 10—15% от общего числа случаев.

Далее решено рассмотреть диагностическую ценность показателей емкости поглощения и дисперсности. В главе 6 существенные различия между почвами, сопряженными в своем развитии с определенными фазами минеральных преобразований, были выявлены и в отношении их дисперсности (содержание частиц <0,001 *мм*) и емкости поглощения катионов.

Чтобы использовать эти данные в диагностических целях, вначале, по материалам главы, выяснено изменение соотношения между дисперсностью и емкостью поглощения по почвам 3 основных минеральных фаз при последовательном изменении содержания частиц <0,001 *мм*, а также емкости поглощения (рис. 37, *а, б*). Устанавливается существенно разная характеристичность отдельных интервалов шкалы содержания частиц <0,001 *мм* или шкалы емкости обмена в отношении почв рассматриваемых минеральных фаз.

Диагностика фаз минеральных преобразований (Об—обызвесткованная,

Код	Si/R Al_2O_3/Fe_2O_3					Гидратная вода					Емкость поглощения				
	Об	С	Г	Ф	Оп	Об	С	Г	Ф	Оп	Об	С	Г	Ф	Оп
1	—	—	—	—	—	30	60	—	—	10	5	20	—	66	9
2	—	—	—	100	—	30	65	—	—	5	42	17	—	41	—
3	—	—	12	88	—	30	70	—	—	—	54	28	—	18	—
4	—	—	100	—	—	28	60	12	—	—	27	56	11	6	—
5	—	41	59	—	—	24	60	16	—	—	—	57	43	—	—
6	—	29	14	—	57	19	57	24	—	—	—	25	75	—	—
7	—	100	—	—	—	12	51	37	—	—	—	29	71	—	—
8	—	—	—	100	—	6	40	54	—	—	—	—	100	—	—
9	—	—	20	80	—	2	25	73	—	—	—	—	100	—	—
10	42	12	39	7	—	1	13	86	—	—	—	—	100	—	—
11	46	25	23	—	6	—	—	100	—	—	—	—	400	—	—
12	18	43	22	—	17	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—
13	—	18	3	—	79	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—
14	—	—	—	100	—	—	—	88	12	—	—	—	100	—	—
15	—	—	14	86	—	—	—	75	25	—					
16	21	17	57	5	—	—	—	60	50	—					
17	27	50	14	—	9	—	—	48	52	—					
18	20	50	10	—	20	—	—	32	68	—					
19	—	22	3	—	75	—	—	22	78	—					
20	—	—	—	100	—	—	—	75	25	—					
21	—	—	33	67	—	—	—	11	89	—					
22	—	25	25	50	—	—	—	9	91	—					
23	33	16	—	17	33	—	—	—	100	—					
24	—	43	—	—	57	—	—	—	100	—					
25	—	27	—	—	73	—	—	—	100	—					
26	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—					
27	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—					
28	—	—	—	100	—	—	—	—	100	—					
29	—	—	—	—	100	—	—	—	100	—					
30	—	—	—	—	100	—	—	—	100	—					
31	—	—	—	—	100	—	—	—	100						
32						—	—	—	100	—					
33						—	—	—	100	—					
34						—	—	—	100	—					
35						—	—	—	100	—					
36						—	—	—	100	—					
37						—	—	—	100	—					
38						—	—	—	100	—					
39						—	—	—	100	—					
40						—	—	—	100	—					
41						—	—	—	100	—					
42						—	—	—	100	—					
43						—	—	—	100	—					
44						—	—	—	100	—					
45															
46															
47															

С—сиаллитная, Г—глинная, Ф—ферраллитная, Оп—опесчаненная)

Емкость поглощения <0,001 *мм*					CO_2					pH				
Об	С	Г	Ф	Оп	Об	С	Г	Ф	Оп	Об	С	Г	Ф	Оп
25	25	—	25	25	—	30	30	20	20	—	5	5	33	57
—	21	—	55	24	—	45	55	—	—	—	5	5	35	57
—	33	—	67	—	—	76	24	—	—	—	10	—	60	30
—	6	—	94	—	—	94	6	—	—	—	13	5	52	30
—	4	—	96	—	—	—	—	100	—	—	11	24	41	24
—	—	—	100	—	—	50	50	—	—	—	13	17	30	50
—	—	—	100	—	—	75	25	—	—	—	32	30	—	32
—	—	—	100	—	25	50	25	—	—	—	18	52	—	30
81	11	—	5	3	57	15	28	—	—	—	50	50	—	—
86	8	—	6	2	—	—	100	—	—	—	53	47	—	—
33	33	—	34	—	—	—	—	—	—	—	38	62	—	—
—	11	—	89	—	—	—	—	—	—	—	60	40	—	—
—	20	—	80	—	—	68	32	—	—	—	62	38	—	—
—	—	—	100	—	15	70	15	—	—	—	33	67	—	—
—	—	—	100	—	33	50	17	—	—	27	46	27	—	—
—	—	—	100	—	47	3	15	—	—	72	18	10	—	—
29	71	—	—	—	—	—	—	—	—	88	6	6	—	—
55	35	4	6	—	—	—	—	—	—	—	40	60	—	—
35	35	18	12	—	—	61	39	—	—	97	2	1	—	—
—	61	8	31	—	12	64	24	—	—	—	14	86	—	—
—	—	—	100	—	33	49	18	—	—					
—	—	—	100	—	57	29	14	—	—					
—	—	—	100	—	—	—	—	—	—					
—	—	—	100	—	—	—	—	—	—					
—	50	50	—	—	—	—	100	—	—					
—	75	25	—	—	40	20	40	—	—					
—	63	37	—	—	62	2	29	—	—					
—	48	52	—	—	92	3	5	—	—					
—	42	58	—	—										
—	—	100	—	—										
—	—	—	—	—										
	—	—	—	—										
	—	100	—	—										
	—	100	—	—										
—	25	75	—	—										
—	20	80	—	—										
—	8	92	—	—										
—	—	100	—	—										
—	—	—	—	—										
—	—	—	—	—										
—	—	—	—	—										
—	—	—	—	—										
—	—	100	—	—										
—	—	100	—	—										
—	—	100	—	—										
—	—	100	—	—										
—	—	100	—	—										

Аналогичная проработка выполнена для групп почв, объединенных не по признаку типовой принадлежности, а по величине отношения Si/R (рис. 37, *в, г*). Итоговые графики оказались весьма близкими к полученным по группам почв (рис. 37, *а, б*) и приняты как диагностические.

Возможность использования рис. 37, *в, г* для целей диагностики покажем на примере 2 разрезов почв смолниц Болгарии (табл. 38).

Таблица 38

Вероятностная оценка минеральной фазы смолниц Болгарии

№	Диагностические показатели	Вероятность принадлежности минеральной части почвы к отдельным фазам		
		Сиаллитная	Глинная	Ферраллитная
829	Si/R—5,2	30	65	5
	Емк. обмена—66,4 *мг-экв*	—	100	—
	<0,001 *мм*—50,1%	12	38	50
	Si/R—4,9	0	1,0	0
813	Итоговый результат	9	72	19
	Емк. обмена—46,8 *мг-экв*	21	79	—
	<0,001 *мм*—55,5%	10	26	64
	Итоговый результат	0,23	1,0	0

В случае разреза 829 высокая емкость обмена (66,4 *мг-экв*) исключает как сиаллитную, так и ферраллитную фазы и почва однозначно диагностируется как связанная с глинной фазой. В другом разрезе емкость обмена (46,8 *мг-экв*) исключает ферралитную фазу, сиаллитная фаза допускается с малой вероятностью — сумма вероятностных оценок составляет лишь 0,23% от суммы этих оценок по глинной фазе, принятой за единицу.

Но хотя рис. 37, *в, г* и имеет диагностическую ценность, как оказалось, использование данных по емкости и илистости для диагностики минеральных фаз может быть улучшено. Дело в том, что при сопоставлении величины емкости катионного обмена с содержанием гумуса по образцам почв разных минеральных фаз (из слоя почвы 0—100—150 *см*) выяснилось, что образцы, сопряженные с собственно сиаллитной и с глинной фазами, довольно хорошо различаются по преобладающей величине емкости обмена — кроме имеющих большое содержание гумуса (рис. 38). Исключив из рассмотрения образцы почв с высокой гумусностью (более 4,5%), получили более четкое распределение образцов для каждой из фаз — сиаллитной, глинной и ферраллитной — и составили диагностическую таблицу (см. табл. 37). Кодирование при этом производится с помощью следующей шкалы:

Градации емкости поглощения, *мг-экв*/100 *г* почвы	Код	Градации емкости поглощения, *мг-экв*/100 *г* почвы	Код
<5	1	35—40	8
5—10	2	40—45	9
10—15	3	45—50	10
15—20	4	50—55	11
20—25	5	55—60	12
25—30	6	60—65	13
30—35	7	65—70	14

В связи с этим при выяснении диагностической ценности соотношений между емкостью катионного обмена и содержанием ила были рассмотрены только данные по образцам почв из слоя 0—100—150 *см* с

содержанием гумуса менее 4,5%. По рис. 39 видно, что отметки по почвам сиаллитной, глинной и особенно аллитной фаз образуют на графике характерные поля. Воспользовавшись кодовым графиком, мы смогли внести эти данные в диагностическую табл. 37.

Наконец, для целей диагностики по минеральным фазам привлечены данные по CO_2 и pH (см. табл. 37).

В заключение аналогично тому, как это было сделано при диагностике по качественным видам гумуса, проведена проверочная диаг-

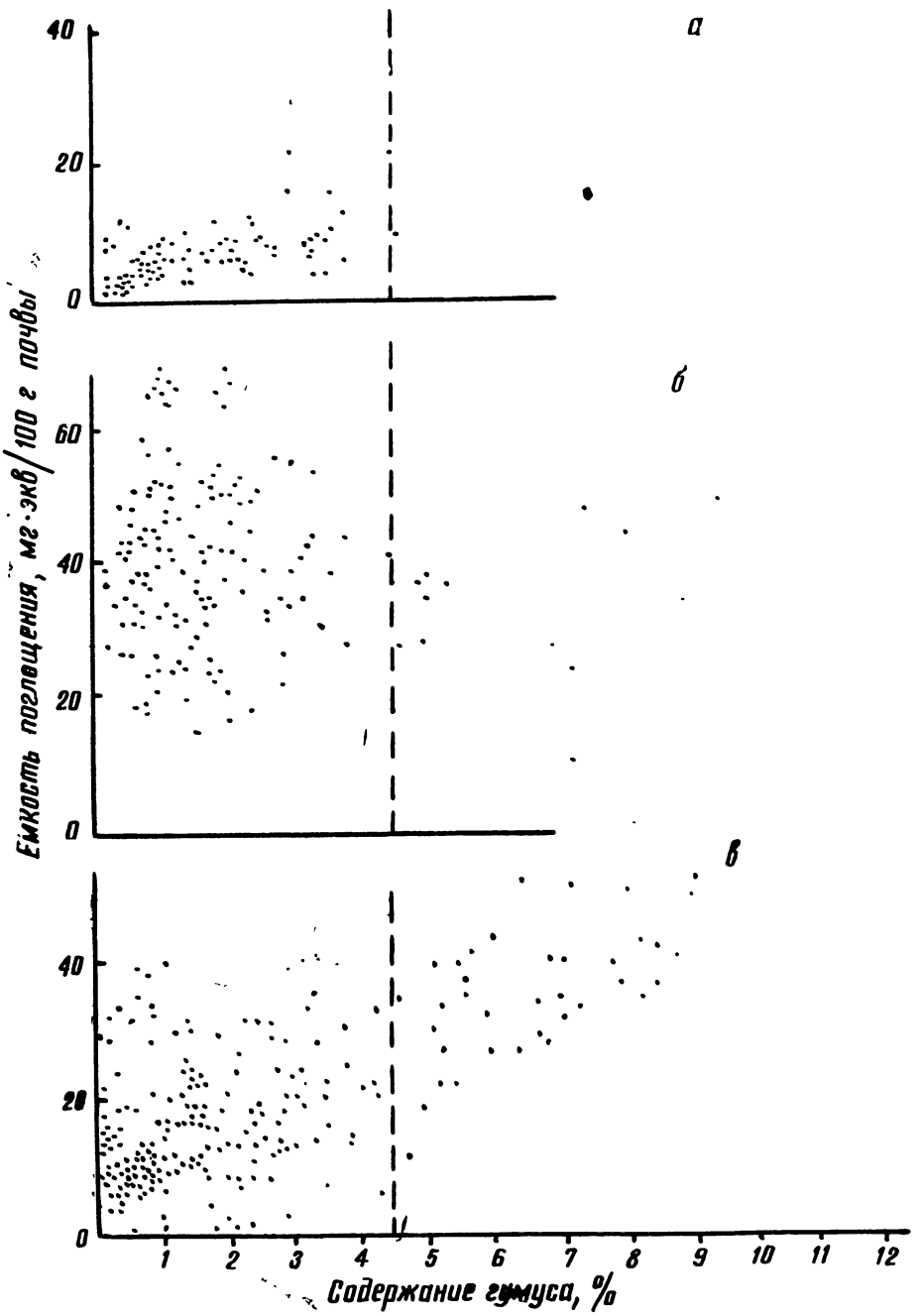


Рис. 38. Распределение отметок образцов почв по величине емкости поглощения при разном содержании гумуса для групп почв основных минеральных фаз: *а*—сиаллитная; *б*—глинная; *в*—ферраллитная.

ностика на примере 50 выборочных разрезов, характерных для соответствующих фаз минеральных преобразований (10 — сероземы, 10 — каштановые, 5—черные тропические, 5—смолницы, 10—дерново-подзолистые, 5 — красноземы субтропические, 5 — красноземы тропические).

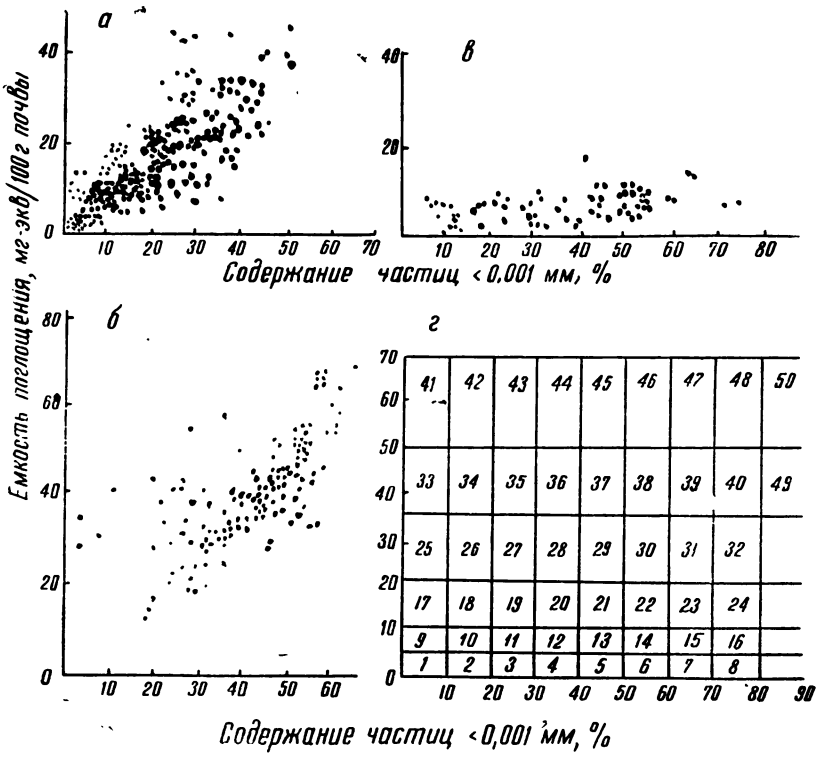


Рис. 39. Распределение отметок образцов почв с содержанием гумуса менее 4,0% в связи с содержанием частиц <0,001 *мм* по группам основных минеральных фаз:

а—сиаллитная; *б*—глинная; *в*—ферраллитная; *г*—график для кодирования почв по величине емкости поглощения и содержанию частиц <0,001 *мм* (по среднему значению в слое 0—100 *см* в образцах с содержанием гумуса менее 4,0%)

Результаты ее показали, что фазы минеральных преобразований диагностируются с той же достоверностью, что и в примерах с качественным составом гумуса: в 76% случаев получен однозначный ответ, в 22% — содержалось указание на 2 минеральные фазы и в одном случае — на 3 фазы.

При этом наибольшую диагностическую информацию содержали данные по емкости катионного обмена и емкости обмена в сочетании с илистостью. Индексы Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3, CO_2, pH примерно одинаково значимы. Различия численно оцениваются следующими величинами:

Диагностический показатель	Относительная диагностическая ценность, %	Диагностическая вероятность
Емкость катионного обмена	100	0,61
Сочетание величины емкости катионного обмена и содержания частиц <0,001 *мм*	91	0,56
pH	74	0,46
Сочетание отношений Si/R и Al_2O_3/Fe_2O_3	72	0,45
CO_2	70	0,42

Таким образом, выясняется реальная возможность использовать табл. 37 как дополнительный прием при решении вопроса о генетической природе той или другой почвы и месте ее в классификации. В этом же смысле таблица может быть полезна и для выявления почв новых генетических типов.

Думается, что по мере накопления соответствующих фактических данных по отдельным типам почв точность диагностики на уровне основных подразделений по типам органо-минеральных реакций также будет повышаться.

Диагностика по почвенным общностям

История нахождения почвенных общностей при анализе почвенно-климатических отношений давала легкий повод некоторым авторам и сами почвенные общности определять как «климатические». Между тем даже простая схема основных характеристик почвенных общностей (табл. 12) красноречиво говорит о комплексности признаков, присущих общностям: нет даже двух общностей, по которым бы полностью совпали приведенные в таблице признаки.

В главе 9 отмечалось, что при выделении почвенных общностей, помимо климатических критериев, были приняты во внимание данные о содержании гумуса, карбонатности почв по CO_2, pH, наконец, данные о характерных величинах содержания SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3.

Нами были составлены таблицы для диагностики на уровне почвенных общностей с использованием данных по содержанию гумуса, CO_2, величине pH, климатических показателей (табл. 39). При этом надо сделать оговорку, что таблица охватывает признаки лишь генетически самостоятельных почв. Привлечение аналогичных данных по луговым, лугово-лесным, болотным и другим почвам — задача дальнейших исследований. Собственно, и по признакам генетически самостоятельных почв диагностическая таблица составлена в первом приближении, поскольку при составлении использованы главным образом данные, послужившие основой и для диагностики по типам почв: сероземам, каштановым, черноземам, серым лесным, дерново-подзолистым (подзолы), бурым лесным, коричневым, желтоземам. Но так как взятые для исследования типы почв являются весьма характерными, можно было полагать, что их признаки отражают наиболее существенные особенности почв соответствующих общностей. Для диагностики почв сероземной общности использованы данные по сероземам, для каштановоземной — по каштановым, для черноземной — по черноземам и серым лесным, для дерново-подзолистой — по дерново-подзолистым и бурым лесным, для коричневоземной — по коричневым и, наконец, для желтоземной — по желтоземам. Лишь при включении данных по pH использован более широкий набор типов почв по каждой из общностей (по 16 типам почв).

В диагностической таблице использованы только наиболее доступные химические данные, приводимые в большинстве работ. Конечно, и ряд других химических характеристик может быть полезным для диагностики на уровне почвенных общностей. В частности, очень ценными окажутся данные валовых анализов, обнаруживающие различия в соотношении основных минеральных компонентов: SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3. Но и использованные показатели позволили решать задачи по диагностике принадлежности почв к почвенным общностям. В табл. 40 приведены диагностические решения применительно к 4 почвам, послужившим ранее примером при диагностике на уровне генетического типа.

Из рассмотренных примеров в случае серозема получен вполне однозначный ответ по аналитическим данным о принадлежности его к сероземной общности. В случае подзола аналитические данные допускали возможность отнесения почвы к 2 общностям: дерново-подзоли-

Диагностическая таблица по почвенным общностям

Гумус: 0—20 и 20—100 *см*							CO_2							Гидротермические показатели							
Код	Сероземная	Каштановоземная	Черноземная	Дерново-подзолистая	Коричневоземная	Желтоземная	Код	Сероземная	Каштановоземная	Черноземная	Дерново-подзолистая	Коричневоземная	Желтоземная	Код	Гидротермотипы	Сероземная	Каштановоземная	Черноземная	Дерново-подзолистая	Коричневоземная	Желтоземная
1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	26	46	6	22	1	AIII	—	—	—	—	—	—
2—3	67	—	—	33	—	—	2	—	9	36	—	45	—	2	AIV	—	—	—	—	—	—
4	67	—	—	33	—	—	3	—	21	55	—	24	—	3	AV	—	—	—	—	—	—
5	100	—	—	—	—	—	4	—	55	39	—	6	—	4	AVI	—	—	—	—	—	—
6	100	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	100	—	5	ABIII	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	6	—	25	25	—	50	—	6	ABIV	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	7	—	50	25	—	25	—	7	ABV	1,0	—	—	—	—	—
9	25	—	—	75	—	—	8	25	25	25	—	25	—	8	ABVI	1,0	—	—	—	—	—
10	40	—	—	60	—	—	9	57	15	—	—	28	—	9	BIII	—	—	—	—	—	—
11	52	5	13	25	—	5	10	—	—	—	—	—	—	10	BIV	1,0	—	—	—	—	—
12	56	21	—	13	—	10	11	—	—	—	—	—	—	11	BV	1,0	1,0	—	—	—	—
13	33	50	—	17	—	—	12	—	—	—	—	—	—	12	BVI	1,0	0,1	—	—	—	—
14	—	—	—	—	—	—	13	—	32	36	—	32	—	13	BCIII	—	—	—	—	—	—
15	—	—	—	100	—	—	14	15	23	47	—	15	—	14	BCIV	1,0	—	—	—	—	—
16	—	—	—	82	—	18	15	33	25	25	—	17	—	15	BCV	1,0	0,9	—	—	—	—
17	11	—	11	62	—	16	16	47	23	15	—	15	—	16	BCVI	1,0	—	—	—	—	—
18	7	20	8	24	2	39	17	—	—	—	—	—	—	17	CIII	—	1,0	—	—	—	—
19	4	68	11	2	11	4	18	—	—	—	—	—	—	18	CIV	—	1,0	—	—	—	—
20	—	58	—	—	25	17	19	—	35	26	—	39	—	19	CV	0,2	1,0	—	—	—	—

21	—	—	—	—	—	—
22	—	—	—	100	—	—
23	—	—	—	55	—	45
24	—	—	36	41	—	23
25	8	15	29	10	15	23
26	8	44	12	4	21	11
27	—	47	15	—	23	15
28	—	—	—	—	—	—
29	—	—	—	100	—	—
30	—	—	7	45	—	48
31	—	—	29	29	13	29
32	3	—	52	20	16	9
33	2	6	45	10	33	4
34	—	4	66	—	30	—
35	—	—	100	—	—	—
36	—	—	—	100	—	—
37	—	—	17	66	—	17
38	—	—	41	36	7	14
39	—	—	39	41	20	—
40	—	—	67	11	22	—
41	—	—	100	—	—	—
42	—	—	100	—	—	—
43	—	—	—	100	—	—
44	—	—	—	75	25	—
45	—	—	14	58	28	—
46	—	—	26	33	41	—
47	—	—	69	8	23	—
48	—	—	100	—	—	—
49	—	—	100	—	—	—
50—51	—	—	—	—	—	—
52	—	—	—	—	100	—
53	—	—	60	—	40	—
54	—	—	75	—	25	—
55	—	—	100	—	—	—

20	12	40	24	—	24	—
21	33	33	16	—	18	—
22	57	23	6	—	14	—
23	—	—	—	—	—	—
24	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—
26	40	20	—	—	40	—
27	62	9	—	—	29	—
28	92	3	—	—	5	—

pH

Код	Серо-земная	Каштано-возем-ная	Черно-земная	Дерново-подзолистая	Корично-возем-ная	Желто-земная
1	—	—	—	100	—	—
2	—	—	—	71	—	29
3	—	—	—	100	—	—
4	—	—	—	88	—	12
5	—	—	16	66	—	18
6	—	—	11	70	—	19
7	—	—	38	35	3	24
8	—	—	34	28	5	33
9	—	—	90	10	—	—
10	—	4	46	16	24	10
11	—	—	43	22	25	10
12	—	17	68	—	15	—
13	—	20	42	8	30	—
14	—	14	8	8	70	—
15	20	14	16	—	20	—
16	42	32	9	2	15	—
17	67	19	3	—	11	—
18	—	100	—	—	—	—
19	40	60	—	—	—	—
20	—	100	—	—	—	—

20	CVI	1,0	0,8	—	—	—	—
21	CDIII	—	1,0	—	—	—	—
22	CDIV	—	1,0	0,1	—	—	—
23	CDV	—	1,0	0,1	—	—	—
24	CDVI	—	0,2	—	—	1,0	—
25	DIII	—	—	1,0	—	—	—
26	DIV	—	0,3	1,0	—	—	—
27	DV	—	0,4	1,0	0,3	1,0	—
28	DVI	—	—	—	—	1,0	—
29	DEIII	—	—	1,0	0.7	—	—
30	DEIV	—	—	1,0	0,2	0,1	—
31	DEV	—	—	1,0	0,7	0,7	—
32	DEVI	—	—	—	—	0,1	1,0
33	EIII	—	—	—	1,0	—	—
34	EIV	—	—	0,7	1,0	—	—
35	EV	—	—	0,4	1,0	—	0,1
36	EVI	—	—	—	—	—	1,0
37	EFIII	—	—	—	1,0	—	—
38	EFIV	—	—	—	1,0	—	—
39	EFV	—	—	—	1,0	—	0,8
40	EFVI	—	—	—	—	—	1,0
41	FIII	—	—	—	1,0	—	—
42	FIV	—	—	—	1,0	—	—
43	FV	—	—	—	1,0	—	0,8
44	FVI	—	—	—	—	—	1,0
45	FGIII	—	—	—	—	—	—
46	FGIV	—	—	—	1,0	—	—
47	FGV	—	—	—	1,0	—	—
48	FGVI	—	—	—	—	—	1,0

стой и желтоземной, однако климатические показатели исключили последнюю. Два других примера не приводят к однозначным ответам и вопрос о принадлежности почв к той или другой общности решается вероятностно. По чернозему аналитические данные позволяли отнести почвы как к черноземной, так и к коричневоземной общности. Но вероятность принадлежности почвы к черноземной общности по аналитическим данным в 2 раза выше, чем к коричневоземной (0,57 и 0,26). Еще более высокой эта вероятность оказывается по климатическим данным (1,0 для черноземной общности и лишь 0,1 для коричневоземной). По

Таблица 40

Примеры диагностики по почвенным общностям

Почва	Используемые показатели	Код	Общности					
			Сероземная	Каштаново-земная	Черно-земная	Дерново-подзолистая	Коричне-воземная	Желто-земная
Подзол	Гумус	24	—	—	36	41	—	23
	CO_2	1	—	—	26	46	6	22
	pH	4	—	—	—	88	—	12
	Средн.	—	—	—	—	65	—	19
	ГТТ*	33	—	—	—	1,0	—	—
Чернозем	Гумус	54	—	—	75	—	25	—
	CO_2	3	—	21	55	—	24	—
	pH	13	—	20	42	8	30	—
	Средн.	—	—	—	57	—	26	—
	ГТТ	30	—	—	1,0	0,2	0,1	—
Серая лесная	Гумус	32	3	—	52	20	16	9
	CO_2	1	—	—	26	46	6	22
	pH	8	—	—	34	28	5	33
	Средн.	—	—	—	37	38	9	21
	ГТТ	34	—	—	0,7	1,0	—	—
Серозем	Гумус	4	67	—	—	33	—	—
	CO_2	28	92	3	—	—	5	—
	pH	16	42	32	9	2	15	—
	Средн.	—	—	—	—	—	—	—
	ГТТ	12	1,0	0,1	—	—	—	—

* Гидротермотип.

серой лесной почве вероятность принадлежности к черноземной или дерново-подзолистой общности примерно равная. Очевидно, в последних 2 случаях требуются дополнительные данные, что, собственно, и обеспечило однозначную диагностику этих почв на уровне генетического типа (глава 12).

Изложенное выше вполне убедительно свидетельствует, что предложенный координатный метод действительно позволяет решать диагностические задачи по основным структурным подразделениям классификации. Мы полагаем, что получение в этих случаях даже не однозначных решений, вероятностных, уже может быть полезным при обсуждении вопроса о возможном типе той или другой из исследуемых почв. Эти возможности тем более заманчивы, что они открывают путь к выявлению совершенно объективным методом новых, еще не описанных типов почв.

ГЛАВА 15

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХАРАКТЕРНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ГОРИЗОНТОВ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

Одним из важнейших признаков почвы является наличие в ней определенных генетических горизонтов, что было установлено с самого начала научного изучения почвы.

В. В. Докучаевым на примере черноземов, каштановых, лесных суглинков и других почв показано наличие в их профиле верхнего наиболее окрашенного гумусом гор. А, гор. В — переходного между собственно почвой и материнской породой и гор. С — подпочвы или материнской породы. Было введено и подразделение основных горизонтов на подгоризонты.

На протяжении всей последующей истории развития почвоведения выявление и описание генетических горизонтов было основой при установлении типов почв и их диагностики.

Однако по мере углубления понимания генезиса почв, по мере описания все большего числа новых типов почв это исходное представление о главных генетических горизонтах претерпевает довольно значительные изменения.

Начало этому процессу было положено Г. Н. Высоцким (1905), описавшим глеевый слой как своеобразный почвенный горизонт под символом G.

Более радикально пересмотрел номенклатуру генетических горизонтов Д. Г. Виленский, предложивший в 1927 г. различать горизонты: А — аккумулятивный, Е — элювиальный, I — иллювиальный, G — глеевый, М — материнская порода и другие с дополнительными символами, отражающими особенности того или иного горизонта.

Это же подразделение генетических горизонтов Д. Г. Виленский приводит и в I издании своего учебника «Почвоведение» (1950). Но уже во II издании учебника (1954) это подразделение отсутствовало, а давалась лишь докучаевская номенклатура АВС с добавлением фразы: «Эта система обозначений применяется до настоящего времени» (стр. 103).

С. А. Захаров (1931) также давал несколько отличное от докучаевского толкование генетических горизонтов: А — перегнойно-аккумулятивный, В — переходный или часто элювиальный, С — иллювиальный или горизонт вмывания, D — почти не измененная почвообразованием материнская порода.

Еще дальше в пересмотре представлений о толковании и обозначении почвенных горизонтов пошел А. Н. Соколовский (1956), высказавший мысль, что применение докучаевского подразделения почвенного профиля на гор. АВС в случае других, генетически отличных, почв (подзолы, солонцы и др.) является механическим переносом, не учитывающим генетического своеобразия почв. Однако он подчеркнул, что

почва — «это сформированный по известному типу *комплекс почвенных горизонтов* [Сибирцев], *органически между собой связанных* [Захаров]».

Он предложил более дифференцированное выделение горизонтов, которое, помимо собственно гумусово-аккумулятивного горизонта, учитывало еще элювиальный (из которого выносятся коллоиды) и иллювиальный (в который они вносятся), а также горизонты накопления карбоната кальция, скоплений гипса, легкорастворимых солей, глеевого, отложения торфа и другие, всего 10 характерных горизонтов. Для обозначения выделяемых горизонтов он применял первую букву названий, характеризующих особенности данного горизонта. Породу, не имеющую видимых следов почвообразования, он обозначил буквой Р (от греческого слова «петра» — камень).

Заслуживает быть особо отмеченным предложение А. Н. Соколовского давать характеристику почвенного профиля в виде формулы из определенной последовательности буквенных индексов генетических горизонтов.

В. Кубиена (Kubiena, 1953) наличие и определенное сочетание гор. АВС положил в основу общей группировки почв. Он подробно остановился на понимании признаков гор. АВС и необходимости расчленения их на подгоризонты. В. Кубиена предусматривал также обозначения для случаев начального образования соответствующих горизонтов. В частности, он предусматривал выделение гор. (В) без выражений иллювиального обогащения, следуя в этом случае В. Лаатшу (Laatsch, 1938).

Близки по подходу к идеям Д. Г. Виленского и А. Н. Соколовского толкование и система обозначений генетических горизонтов, предложенные Е. Уайтсайдом (Whiteside, 1959). Им дано довольно подробное описание основных выделяемых горизонтов и приведена сопоставительная таблица предлагаемых обозначений почвенных горизонтов с обозначениями, применяемыми в США и Европе. Все его рассуждения и описания исходят из стремления, чтобы выделяемые горизонты действительно давали представление об их генетической природе.

Новым этапом в толковании горизонтов почвенного профиля явилась уже упомянутая американская работа «7-th Approximation» («7-е приближение», 1960).

Почвоведы США долгое время пользовались системой АВС горизонтов (Kellogg a. Staff, 1957), причем основное внимание уделялось гор. А и В, а гор. С отмечался лишь в самых общих чертах. Отметим, что использование общей номенклатуры горизонтов сопровождалось специальным выяснением оснований для выделения и подразделения их. Так, в работе Е. Винтерса и Р. Саймонсона (Winters a. Simonson, 1951) описан гор. В подзолистых почв, латосолей, черноземов, аридных почв, а также особые уплотненные горизонты: клейпан, фрагипан, хардпан, показано их агрономическое значение. Р. Саймонсон (Simonson, 1959) развивает также идею о том, что во всех горизонтах почвы имеют место сходные процессы, но баланс их в разных почвах индивидуален.

Как известно, исходная идея современного подхода к классификации почв у почвоведов США заключается в том, что классификация должна строиться на собственных признаках почв, поддающихся при этом количественному измерению. В «7-ом приближении» в числе главных горизонтов и слоев указаны: О — органический гор. А с тремя видами его (A_1, A_2, A_3), гор. В с тремя видами (B_1, B_2, B_3), гор. С, а также подстилающая массивная горная порода (R). Указаны и рекомендуемые дополнительные буквенные символы к основным обозначениям горизонтов по характерному процессу (оглеение, иллювиация железа и др.) или компоненту (аккумуляция карбонатов, железистые конкреции и др.), а также методы анализов и оценок, необходимых для описания горизонтов.

Но после всех этих вполне понятных решений сделано неожиданное заключение о необходимости использования при классификации почв особых «диагностических» горизонтов. Обосновывалось оно отсутствием согласия в обозначении гор. ABC, а также тем, что следует отделить решение задачи классификации почв от проблемы обозначения горизонтов.

В качестве диагностических горизонтов предложено различать поверхностные (epipedon), подповерхностные, уплотненные (pans) и некоторые другие.

Поверхностный горизонт не есть синоним гор. А — он может включать и гор. В, если последний богат гумусом («затемнен органикой»). Среди поверхностных горизонтов различаются: моллик эпипедон—темный, с узким отношением C/N, насыщенный основаниями; антропик эпипедон — обогащенный кислотнорастворимой P_2O_5; умбрик эпипедон — темноокрашенный, с наличием поглощенного водорода, широким отношением C/N; гистик эпипедон—с большим количеством свежих малоразложившихся растительных остатков; охрик эпипедон—с малым содержанием органики, светлоокрашенный, может быть красноватым; плаген эпипедон — «сделанный человеком».

Среди подповерхностных горизонтов различаются: аргиллик горизонт — слой значительной аккумуляции силикатного ила; агрик горизонт — иллювиальный горизонт ила и гумуса, сформированный при обработке; натрик горизонт — специфический вид аргиллик горизонта с призматической структурой и наличием поглощенного натрия в количестве более 15% от емкости обмена; сподик горизонт — горизонт аккумуляции свободных окислов железа; камбик горизонт — минеральная порода, мало затронутая почвообразованием, может в некоторых случаях занимать положение гор. В (между А и С), если последний не представлен аргиллик или сподик горизонтами; оксик горизонт—в процессе глубокого выветривания обеднен кремнеземом и обогащен остаточными железом и алюминием.

Особо описаны уплотненные слои: дюрипаны — сцементированные слои разного генезиса; фражипаны — бедные органикой, но очень плотные в сухом состоянии.

В качестве других диагностических горизонтов различаются кальцик горизонт—обогащенный карбонатом кальция или кальция и магния; гипсик горизонт — со слоем гипса мощностью более 6 дюймов и с содержанием гипса не менее 5% и более; салик горизонт — мощностью более 6 дюймов и содержащий более 2% легкорастворимых солей; альбик горизонт — горизонт, из которого выщелочены ил и железо.

Как диагностические признаки используются также резкость перехода в сложении, трещиноватость, иссушенность, влажность, почвенная температура, рельеф типа «гильгай», пятнистость окраски, слой вечной мерзлоты, «самомульчирование», плоскости скольжения (slickensides) и др.

Конечно, стремление использовать при диагностике почв хорошо различимые количественно характеризуемые горизонты — вполне оправдано. Однако построение диагностической системы на формальном использовании диагностических горизонтов и признаков, без должного генетического анализа, не могло привести к положительным результатам, на что уже было указано в литературе и отмечено выше (глава 1).

Здесь определенный интерес представляет выступление Е. Фитцпатрика (Fitzpatrick, 1967). Он указывает, что учет почвенных горизонтов является фундаментальной отправной точкой в почвоведении, как и номенклатура почв. Следующий логический шаг — предпосылки к определению каждого горизонта. При этом он замечает, что обозначения А, В, С очень неудовлетворительны. Далее Е. Фитцпатрик, наряду с критическим заключением вообще о непоследовательности системы «7-го при-

ближения», указывает и на неудовлетворительное выделение диагностических горизонтов в ней, считая, что в большинстве случаев определения диагностических горизонтов неясные. В частности, он ссылается на пример с горизонтом камбик, который в одних случаях рассматривается в смысле Лаатша (Laatsch, 1938), но вместе с тем в него включается и глеевый горизонт. Е. Фитцпатрик отмечает как достоинство «7-го приближения» ясность в наименованиях почв, устанавливаемых согласно фиксированному принципу.

Он полагает, что в настоящее время внимание фокусируется на необходимости рассмотрения большого числа различных горизонтов, затем—их количественной характеристике. В соответствии с этим им предложена система из 74 почвенных горизонтов, каждому из которых придано самостоятельное наименование по характерной особенности с использованием соответствующих корней из латинского, греческого, английского, русского языков. В кратких описаниях отражено расположение горизонтов в профиле, их окраска, механический состав, структура, содержание органических веществ, C : N, емкость обмена, степень насыщенности основаниями, преобладающие глинистые минералы, аморфные окислы и микроморфология.

По положению в почвенном профиле горизонты делятся на верхние, средние и нижние. Верхнее положение обычно занимают органические и минеральные слои, из которых удалены железо, алюминий и ил. Средние горизонты включают слои привноса или разложения, происходящего в отсутствие органического вещества. Нижний слой приходится на относительно малоразложившиеся подстилающие материалы, но включает и глубокие слои выветривания и педогенеза.

Приведенные Е. Фитцпатриком основания для различения горизонтов по их относительному положению в почвенном профиле не всегда достаточно строги. Но другие характеристики выделяемых горизонтов явственно свидетельствуют о специфичности каждого из горизонтов, и большинству из них можно найти реальные эквиваленты в соответствующих типах почв.

По сочетанию горизонтов Е. Фитцпатрик выделяет классы и подклассы почв. Он приводит также формулы горизонтов для некоторых почв.

Рассмотренный опыт выделения почвенных горизонтов Е. Фитцпатриком—пример решения задачи вне анализа генезиса структуры профиля. Это как бы дальнейшее развитие подходов «7-го приближения», но на более дифференцированной основе. Сами же описания почвенных горизонтов Е. Фитцпатрика в известной мере полезны, как во многом отражающие действительно многообразные различия в слоях почвенных профилей.

Чтобы иметь достаточно полное представление о современных направлениях в развитии проблемы номенклатуры и диагностики почвенных горизонтов, обратимся еще к некоторым источникам.

Е. Эвальд (Ehwald, 1956, 1958), занявшись вопросами разграничения и членения важнейших почвенных типов Средней Европы, пришел к заключению, что: 1) систематика должна строиться на почвенных признаках, чтобы, насколько возможно, освободиться от умозрительных элементов; 2) при выборе признаков для подразделения в меньшей степени решают дело почвенногеографическая или картографическая точка зрения и в большей — почвенногенетическая. Он отмечает, что последовательность почвенных горизонтов издавна остается особо важным результатом почвенных процессов: если бы имелся удовлетворительный обзор почвенных горизонтов, определенные комбинации их явились бы решающим критерием для почвенного типа. Единства в виде гор. A, B, C и D оказались недостаточными. Введение новых горизонтов или подгоризонтов было менее важным, чем сам вид характеристики.

В практическом решении задачи Е. Эвальд пошел по пути выделения ряда гор. А, В и С, каждый из которых обладал специфическими чертами своеобразия, главным образом в морфологии (цвет, структура, механический состав, конкреции и др.). Он привел примеры комбинации горизонтов для важнейших типов почв Средней Европы и некоторые сопоставительные таблицы. Действительно, почвенные типы можно было различать по тому или другому последовательному сочетанию выделенных и описанных вначале характерных почвенных горизонтов.

Таким образом, Е. Эвальдом показана полная возможность рационального сочетания, самостоятельного выделения и описания горизонтов с характерными различиями и с сохранением основного генетического подразделения почвенного профиля на гор. А, В, С.

Основное генетическое членение почвенного профиля принято и рабочей группой V комиссии Международного общества почвоведов (Bull. of the Intern. soc. of. soil sci., № 31, 1967).

Предложено различать горизонты О, А, Е, В, С, G, R, близко отвечающие толкованию соответственно как богатый слаборазложившимися растительными остатками, аккумулятивно-гумусовый, элювиальный, иллювиальный, гор. С, глеевый, плотная порода. Приводимые описания заключают сведения, направленные на различение горизонтов по объективным признакам.

Знаменательным фактом является и следование основной генетической структуре почвенного профиля (АВС) в большой международной работе по составлению мировой почвенной карты, выполняемой ФАО-ЮНЕСКО (Dudal, 1968).

Своеобразным здесь является стремление сочетать систему АВС с диагностическими горизонтами по «7-му приближению». Если принять во внимание международный характер работы ФАО-ЮНЕСКО, то наличие в ней элементов как известного синтеза, так и компилятивности будет вполне понятным и, может быть, даже неизбежным. Основные горизонты (О, А, Е, В, С) принимаются в соответствии с определениями рабочей группы V комиссии МОП. При выделении видов горизонтов принят ряд предложений из «7-го приближения». Так, под шифром «А-горизонты» выделены: меланик А-горизонт, соответствующий моллик эпипедону; сомбрик А-горизонт, соответствующий умбрик эпипедону; гистик А-горизонт, палид А-горизонт — светлоокрашенный горизонт с малым содержанием органики или маломощные горизонты меланик, сомбрик или гистик. При выделении В-горизонтов использованы концепции аргиллик, камбик, натрик, оксик, сподик, кальцик, салик и гипсик горизонтов.

Наконец, большой интерес представляет пример вполне конкретного использования вида строения почвенного профиля в большом труде по почвам Румынии (Chirita, Paunescu, Teaci, 1967). В нем принята система основных генетических горизонтов (А, В, С, D, G) с довольно дробным выделением видов каждого из них, обозначенных различными дополнительными индексами. Так, для гор. А предусмотрено 13 его видов, для гор. В — 8 и т. д. Всего выделено и сжато описано 58 различных горизонтов. Эта система горизонтов широко и последовательно использована в рассматриваемом труде. В классификации почв даны типовые формулы структуры почвенных профилей. Аналогичные формулы вошли в описания выделенных почв. Наконец, ими же обозначены соответствующие горизонты в красочных рисунках почвенных профилей.

Таким образом, обзор примеров выделения и обозначения почвенных горизонтов превосходным образом обнаруживает, что в конечном итоге получила признание основная идея Докучаева о почвенном профиле как системе основных генетических горизонтов: А, В, С. Но как следствие более полного выяснения действительного многообразия

почвенных типов оказалось необходимым в составе основных генетических горизонтов различать характерные виды их.

Именно в различении определенных видов основных генетических горизонтов и следует видеть дальнейшее развитие идеи Докучаева о структуре профиля почвы.

В своем подходе к выделению характерных генетических, а вместе с этим и диагностических почвенных горизонтов мы также считали необходимым исходить из основного докучаевского подразделения почвенного профиля на гор. А, В, С, как присущие вообще всем нормально развитым почвам. При этом гор. А принимался как собственно гумусовый, гор. В — значительного уменьшения содержания гумуса, переходный в этом отношении к гор. С — породе, мало затронутой почвообразованием. Задача заключалась лишь в том, чтобы найти рациональное и возможно общее основание для выделения видов главных генетических горизонтов соответственно природному проявлению разнообразия структур почвенного профиля.

Автор полагает, что развиваемая им концепция о типах почвенных органо-минеральных реакций создает основу и для рационального выявления и описания генетических горизонтов. В самом деле, понимая, что почва составлена органо-минеральными дисперсными системами определенного состава, можно логично представить почвенный профиль как следствие перераспределения компонентов этих систем и продуктов их взаимодействия. И поскольку преобразование состава органо-минеральных систем, как и миграция их продуктов, происходит под совместным влиянием биологических и атмосферных воздействий, градиентно изменяющихся от поверхности почвы в глубь ее толщи, то и в подходе к определению структуры почвенного профиля, особенностей тех или других его горизонтов следует прежде всего исходить из состава органо-минеральных комплексов, возможного их поведения в почвенных реакциях и миграции продуктов этих реакций.

Качественно различные составы органо-минеральных комплексов, которые следует различать, вытекают из предложенной системы типов органо-минеральных реакций. Произведенное сопоставление почв разного генезиса (следовательно, обладающих разным вещественным составом) дает основания считать, что с каждым из выделенных типов органо-минеральных реакций связано возникновение почвенных профилей определенных типов, т. е. с качественно различным изменением вещественного состава главных генетических горизонтов почвы.

В самом деле, верхний собственно гумусовый горизонт качественно своеобразен в профиле любой почвы. В нем происходит первичное образование главной массы органо-минеральных комплексов. Последние будут различного состава в зависимости от условий формирования органических веществ и состава минеральной части. Через так называемый зольный обмен реализуется единство взаимодействия между растением и почвообразующей породой. Участие животных в почвообразовании также приходится на этот горизонт, как корнеобитаемый.

Нижележащий слой — гор. В, переходный к почвообразующей породе, несет признаки, обусловленные главным образом вторичными продуктами преобразования и перераспределения органо-минеральных комплексов, формирующихся в гор. А. Для рассматриваемого переходного горизонта, в котором образование новых органических веществ происходит в значительно меньших количествах по сравнению с гор. А, особенно характерным может стать уже состав и состояние собственно минеральной части почвы.

Наконец, гор. С — это почвообразующая порода, мало затронутая процессами преобразования, она может быть относительно обогащена

лишь наиболее подвижными продуктами органо-минеральных реакций, проникающими по почвенному профилю.

Горизонты разного вида мы выделяем исходя из этого основного членения почвенного профиля с учетом различий, которые могут возникать при этом или другом типе органо-минеральных реакций. При этом подход к выделению гор. А, В, С, наряду с некоторыми общими элементами, имеет известное своеобразие по каждому из них.

При определении характерных признаков во внимание прежде всего принимаются те различия, которые воспринимаются в морфологии почв или могут быть диагностированы несложными приемами в полевых условиях. Это ограничение не является принципиальным требованием, а следует из того, что в предложенном координатном методе диагностики почв все аналитические данные используются на других этапах диагностики и разработанная система почвенных горизонтов призвана обеспечить достаточно строгое использование, помимо собственно аналитических, других почвенных характеристик. Однако суть развиваемого подхода к выделению генетических горизонтов вполне пригодна и для разработки самостоятельной диагностики их с полным использованием для этой цели соответствующих аналитических материалов.

Признаки, принимаемые во внимание при выделении генетических горизонтов, подразделяются вначале на 2 категории: отражающие степень карбонатности горизонтов и визуально выраженные в морфологии почв.

Степень карбонатности легко диагностируется по видимым выделениям карбонатов, пробой на вскипание или, в более сложном случае, пробой на реакцию почвы. Эти признаки являются общими при выделении всех 3 горизонтов (А, В, С).

В отношении учета собственно морфологических особенностей есть некоторые отличия по гор. А, В, С.

При выделении видов гор. А (табл. 41) на первом месте стоят наиболее явные морфологические различия в соотношении между органической частью и минеральной. По этим признакам различаются горизонты: 1) обогащенные малоразложившимися растительными остатками; 2) общий вид которых прежде всего обусловливается гумусовой составляющей — это горизонты, которые можно определить как темногумусовые (включая и собственно серые); 3) в общем виде которых на первый план выступают цветовые особенности минеральной части, выражающиеся в явном хроматировании (палевые, бурые, красные и т. п.); 4) в морфологии которых наиболее характерными являются особенности минерального субстрата (щебнистость, известковистость и др.). Особую группу составляют виды гор. А, обусловленные переработкой в процессе длительной агрикультуры.

На третьем уровне подразделения в отношении гор. А принимаются во внимание главным образом признаки, в той или иной морфологической форме отражающие химические и физико-химические особенности поведения почвенной массы—так же, как и ее дисперсионное состояние.

Первым характерным состоянием является тесная ассоциация органического вещества с минеральной массой со специфической тонкой агрегатной структурой (форма «орто»). Возникают и следствия обратного порядка, когда почвенная масса становится слитой. Далее возможны случаи, когда при общей большой гумусности определенное значение приобретают железистые пленки на почвенных агрегатах, придающие коричневый тон почвенной массе. В других же случаях, наоборот, в морфологии обнаруживаются признаки восстановительных реакций, явлений оглеения. Наконец, существуют почвы с гор. А, явно обедненным железом.

В отношении видов гор. В последовательность учета тех или других признаков в некоторой мере сохраняется та же, что применена по гор. А,

Таблица 41

Система видов гумусового горизонта (А) по степени карбонатности или выщелоченности и морфологическим особенностям

Степень карбонатности или выщелоченности	Морфологические особенности гумусового слоя														Разной морфологии	
	Обогащен малоразложившимися растительными остатками		Темногумусовый					Хроматированный								
			Характерные признаки состояния минеральной части													
	Оторфованные	Задернованные	орто-А. Гумус хорошо ассоциирован с минеральной частью	Характерное состояние дисперсной фазы, обусловливающее специфическую структуру почвы	Освобождение и накопление Fe_2O_3 в малоподвижной форме	Оглеение, потеря ила, Fe	Потеря значительных количества ила, R_2O_3	Светлоокрашенный гумусовый гор.	Характерное состояние дисперсной фазы, обусловливающее специфическую структуру почвы	Освобождение и накопление K_2O_3 в малоподвижной форме	Оглеение, потеря ила, Fe	Потеря значительного количества Fe	Предельное разрушение до остаточного кварца	Литоморфные	Агрикультурные
Обогащенные карбонатами	—		А[4]	А[7]	—	—	—	А[14]	—	—	—	—	—		
Малокарбонатные или бескарбонатные насыщенные		А[2]	А[5]	А[8]	А[10]	А[11]	—	А[15]	А[17]	А[18]	А[20]	—	—	А[24] А[25]	А[26]
Ненасыщенные кислые	А[1]	А[3]	А[6]	А[9]	—	А[12]	А[13]	А[16]	—	А[19]	А[21]	А[22]	А[23]		

только в случае гор. В различные состояния органо-минеральной массы обусловлены преимущественно иллювиальными процессами. Учитываемые признаки ясны из табл. 42. В качестве форм «орто» принимаются случаи, когда горизонт не имеет каких-либо других отличительных признаков, кроме того, что он является переходным по гумусу к гор. С.

Таблица 42

Система видов подгумусового горизонта (В) по степени карбонатности или выщелоченности и морфологическим особенностям

Степень карбонатности или выщелоченности	Морфологические особенности												
	Гумусовый		Иловый		Минеральный								
	орто-В. Горизонты с постепенным убыванием гумуса. Переход к гор. С	Иллювиальногумусовые	Иловообогащенные	Призмовидноструктурные	Кальциевоцементированные	Иллювиальножелезненные	Элювиально-иллювиальноожелезненные	Железообедненные	Аллитноаккумулятивные	Опесчаненные	Литоморфные	Агрикультурные
Аккумулятивно-карбонатные	В[1]	—	—	В[9]	В[10]	—	—	—	—	—	В[18] В[19]	В[20]
Остаточнокарбонатные	В[2]	—	В[7]	—	—	В[11]	—	—	—	—		
Бескарбонатные насыщенные	В[3]	В[5]	В[8]	—	—	—	—	В[14]	—	—		
Ненасыщенные кислые	В[4]	В[6]		—	—	В[12]	В[13]	В[15]	В[16]	В[17]		

Таблица 43

Система видов переходного горизонта и почвообразующей породы (гор. С)

Степень карбонатности или выщелоченности	орто-С	Хлоридно-сульфатные	Глинные	Элювиально-аллитные	Аккумулятивно-железистые	Аккумулятивно-силикатные	Оглеенные	Литоморфные
Карбонатнообогащенные	С[1] С[2]	С[3]	—	—	—	С[4]	С[11]	С[12] С[13] С[14]
Малокарбонатные и бескарбонатные насыщенные	С[5]	—	С[7]	—	—	—		
Ненасыщенные кислые	С[6]	—	—	С[8]	С[9] С[10]	—		

Выделение видов гор. С связано главным образом с характером наложения на малоизмененную массу почвообразующей породы наиболее подвижных продуктов выноса из гор. А и В (табл. 43). Но имеются

Диагностическая характеристика аккумулятивногумусового горизонта (гор. А)

Индекс и наименование горизонта	Основные морфологические признаки
1	2
A^1. Оторфованный	Состоит из неразложившегося или в той или иной степени разложившегося торфа.
A^2. Дерново-карбонатный	Гумусовый горизонт с большим содержанием малоразложившихся корневых остатков и богатый карбонатами (бурно вскипает).
A^3. Грубогумусовый	Дерново-торфянистый, дерновый или подстилковый, содержит большое количество малоразложившихся растительных остатков (слабо вскипает или не вскипает вообще, или же кислый).
A^4. Карбонатный темногумусовый	Темный (черный, серый), гумус тесно ассоциирован с минеральной частью, зернисто-комковатый, комковатый, обогащен карбонатами (бурно вскипает).
A^5. Темногумусовый	Темный (черный серый, каштаново-серый), гумус тесно ассоциирован с минеральной частью, слабо вскипает или не вскипает вообще, но преобладающе насыщен щелочноземельными катионами, выраженно структурный (комковатый, комковато-зенистый), не очень плотный (mollic).
A^6. Дерновый	Темный (темно-серый), богат органическим веществом, в большой мере насыщен водородом, комковатый (umbric).
A^7. Солонцовый	Серый, светло-серый, в верхней части пластинчатой структуры, книзу неясно комковатый или бесструктурный, резко переходит в следующий горизонт, от кислоты вскипает, щелочной.
A^8. Регуровый	Темный (черный, темно-серый, темно-коричневый), мощный, плотный, вязкий во влажном состоянии и слитой, трещиноватый, глыбистый—в сухом.
A^9. Парадерновый	Темно-серый, серый, в нижней части несколько светлее (белесоват) и с кремнеземистой присыпкой по граням структурных отдельностей, комковато-пылеватой структуры, книзу переходящей в ореховатую (A_2); белесыми пятнами может заходить по трещинам в гор. В (A_2B); бескарбонатный, но насыщенный или слабокислый.
A^{10}. Коричневогумусовый	Темный, с явным коричневым или красноватым тоном за счет железистых пленок на минеральных зернах и микроагрегатах, повышенно оглиненный, слитнокомковатый, малокарбонатный или бескарбонатный, но преобладающе насыщенный двухвалентными катионами.
A^{11}. Глеевогумусовый	Темногумусовый или оторфованный, более или менее длительное время переувлажненный, с пониженной насыщенностью, с явными признаками оглеения — сизыми и бурыми пятнами, карбонатный, бескарбонатный, но насыщенный или кислый.
A^{12}. Параподзолистый	Темно-серый, серый, рыхлый, бесструктурный или комковато-пластинчатой структуры в верхней части (A_1) и переходящий книзу в горизонт белесоватой окраски, с многочисленными охристыми и ржавыми пятнами и мелкими железистыми конкрециями (A_2), бескарбонатный.
A^{13}. Оподзоленный	Сверху лежит слой лесной подстилки, иногда заметно оторфованный, или дернина небольшой мощности (A_0, в пахотных почвах отсутствует), глубже этого слоя серый или светло-серый, непрочной комковатой структуры (A_1), книзу переходит в белесоватый, светло-серый или палевый подгоризонт в той или иной степени опесчаненный, пластинчатой структуры или бесструктурный (A_2), в нижней части встречаются железистые новообразования в виде конкреций, возможны оглеенные пятна сизоватого цвета, реакция кислая.
A^{14}. Палевогумусовый	Палевый, красно-палевый, в различной степени сероватый (палево-серый), но несущественно темнее нижележащего гор. В, с карбонатными пленками на стенках почвенных пор или в виде микровыделений, рыхлый, слабокомковатый, с поверхности неяснослоеватый.

Окончание табл. 44

1	2
A^{15}. Бурогумусовый	Темно-бурый, мелкокомковатый, комковатый, комковато-глыбистый, бескарбонатный, насыщенный.
A^{16}. Буропараподзолистый	Однотоннноокрашенный: бурый, желтый, красноватый, в сухом состоянии заметно бледнее, в нижнем слое светлее нижележащего (В), нередко с белесоватыми оглеенными пятнами, бескарбонатный, ненасыщенный или с кислой реакцией.
A^{17}. Слоевато-плитчатый	Светлоокрашенный: палевый, буроватый или красноватый, листоватый, слоеватый, плитчатый, малокарбонатный или бескарбонатный, но насыщенный.
A^{18}. Красногумусовый (парарубрум)	Красный или серый с выраженным красно-бурым тоном за счет железистых пленок на поверхности почвенных частиц, малокарбонатный или бескарбонатный.
A^{19}. Ожелезненно-гумусовый (рубрум)	Коричневый, красно-коричневый, буровато-красный с густым тоном (до темно-красного) за счет железистых пленок на поверхности почвенных частиц или рассеянных железистых конкреций, комковато-зернистый, комковатый или неясно-комковатый, бескарбонатный, ненасыщенный, кислый.
A^{20}. Параглеевый	Неоднородно окрашенный, светло-бурый или палевый с буроватыми, сизоватыми пятнами, придающими горизонту мраморовидную окраску, малокарбонатный, бескарбонатный, но насыщенный.
A^{21}. Параглеевый кислый	Серый, серовато-бурый с поверхности и глубже осветленный, мраморовидный с глеевыми пятнами и бурыми примазками, бескарбонатный, кислый.
A^{22}. Аллитизированный	Бурый, желтый, красноватый, в сухом состоянии заметно беднее, ненасыщенный с кислой реакцией.
A^{23}. Отбеленный	С поверхности небольшой мощности подстилка (A_0), песчанистый слой, серовато-белесый, значительно обедненный илом и железом или железом и глиноземом.
A^{24}. Литоморфный щебнистый	Верхний гумусовый слой сильнощебнистый.
A^{25}. Литоморфный мелкоземистый	Верхний гумусовый слой мелкоземистый, слабо затронут почвообразованием, в определенных условиях обогащен легкоподвижными солями.
A^{26}. Агрикультурный	Верхний гумусовый слой несет выраженные признаки воздействия агрикультуры.

почвы, у которых гор. С обладает теми или другими специфическими качествами, обусловленными собственным развитием почвообразующей породы (например, оглеение).

В соответствии с этим и произведено выделение видов гор. А, В и С. Каждый из предусматриваемых горизонтов получил индекс в виде основного литерного символа (А, В, С) и некоторой порядковой цифры, помещаемой справа вверху буквенного индекса. Выделенные виды горизонтов с этими символами показаны в соответствующих таблицах (табл. 41, 42, 43), которые представляют собой, по существу, системы видов горизонтов. Генетические горизонты, распределяются в них в последовательности, отражающей различия, обусловленные закономерной сменой разных типов органо-минеральных реакций в связи с развитием органической и минеральной фаз. Основные характерные признаки горизонтов отражены в кратких описаниях (табл. 44, 45, 46).

Для проверки действительного отражения выделенными видами генетических горизонтов характерных различий в особенностях почв разных классов почвообразования составлена соотносительная табл. 47, в которой показана сопряженность отдельных видов гор. А с видами гор. В, как они сочетаются в отдельных классах.

Как видим, уже сочетания определенных видов гор. А и В обособляют каждый класс почвообразования. Отдельные случаи совпадения

Таблица 45

Диагностическая характеристика подгумусового горизонта (гор. В)

Индекс и наименование	Основные морфологические признаки
1	2
B^1. Обызвесткованный	Очень светлый, буроватый, по окраске мало отличающийся от вышележащего гумусоаккумулятивного горизонта, с обильными известковыми пленками на поверхности структурных отдельностей и по стенкам пор или с неясной белоглазкой, прожилками, неясно комковатой структуры, губчатого кавернозного строения, обильно пронизан ходами насекомых, мелких землероев.
B^2. Степной	Переходный к гор. С, более яркий по тону, чем вышележащий гумусовый слой, неравномерной окраски, бурый или темно-бурый с темными перегнойными языками, комковатый или комковато-призматический, плотнее вышележащего, может быть слаботрещиноватым, часто имеются червороины, кротовины, в нижней части горизонта выделения карбонатов в виде мицелия или белоглазки.
B^3. Обескарбоначенный	Неравномерно серый, коричневато-серый, коричневато-бурый с кремнеземистой присыпкой в верхней части профиля и с темными пятнами, затеками и глянцеватостью по граням структурных отдельностей—в нижней, плотный, комковато-ореховатой или комковато-призмовидной структуры.
B^4. Подподзолистый	Пестроокрашенный: бурый, желто-бурый, красновато-бурый с более светлыми сизоватыми и темными (перегнойными) языками и потеками, сверху плитчатой, глубже—ореховатой и многогранной структуры, плотный, в случае залегания под выраженным гор. A_2 в верхнюю часть проникают белесые языки его; часто содержит значительные количества новообразований железа, марганца в виде конкреций, прожилок, возможно наличие голубовато-сизых оглеенных пятен; реакция кислая. При выраженных послойных различиях подразделяется на B_1 и B_2.
B^5. Иловогумусовый	Серый и буровато-серый, неоднородной окраски, темнее вышележащего, с темными пленками по граням отдельностей, глинистый, плотный, с остаточной столбчатой или призматической структурой, распадающейся на ореховатые отдельности; часто вскипает в нижней части, иногда заметно оглеен.
B^6. Иллювиальногумусовый	Иллювиальный горизонт, обогащенный полуторакисями, илом и в верхней части в значительном количестве гумусом, что находит ясное отражение в морфологии, заметно темнее вышележащего.
B^7. Слитой	Черный, серый, коричневый, подгумусовый слой весьма плотного сложения, крайне твердый и сильнотрещиноватый в сухом состоянии, сильно набухает и более ломкий—во влажном, отмечается ромбовидная структура по плоскостям скольжения, в нижней части горизонта возможны выделения карбонатов.
B^8. Иллювиально-глинный	Красновато-бурый, темно-бурый иллювиальный горизонт со значительным накоплением силикатного ила, выраженным в морфологии (затеки по граням структурных отдельностей), плотный, комковато-столбчато-глыбистый или ореховато-призмовидный.
B^9. Солонцовый	Серый, буровато-серый, красновато-бурый, книзу серовато-бурый, неоднородной окраски, значительно темнее вышележащего, обогащенный илом, в частности, в виде илово-гумусовых потеков по граням структурных отдельностей; плотный, с характерной ореховато-призмовидной, призмовидной или столбчатой структурой, при наличии явлений осолодения верхняя поверхность столбчатых отдельностей покрыта белесым налетом кремнеземистой присыпки; в нижней части бурно вскипает, обычна белоглазка..

Окончание табл. 45

1	2
B^{10}. Известковоцементированный	Очень плотный, массивный, сильно цементированный за счет накопления карбонатов кальция и магния.
B^{11}. Карбонатный железоаккумулятивный	Ярко-красный, красноватый, красно-бурый с выделениями карбонатов в виде прожилок, белоглазки.
B^{12}. Железоаккумулятивный	Иллювиальный горизонт, обогащенный привнесенным илом, полуторакисями и в некоторой мере гумусом, нередко ортштейновый, железистые конкреции и бобовины, обильные в нижней части горизонта.
B^{13}. Ожелезненный (окисловый)	Обычно красноокрашенный, красно-бурый, но на кислых породах более светлой окраски, горизонт значительного выветривания с накоплением остаточных полуторакисей и обломков остаточного кварца; с железистыми конкрециями, переходящими в цементированную массу (в выраженных случаях).
B^{14}. Параглеевый—глеевый	Осветленный, серый, буро-серый, неоднородной мраморовидной окраски с расплывчатыми палевыми, сизоватыми и белесыми пятнами и более мелкими буровато-ржавыми.
B^{15}. Параокисловый	Светлоокрашенный: палевый, желтоватый с сизоватыми пятнами; горизонт значительного выветривания с одновременным удалением кремнекислоты и окислов железа.
B^{16}. Пятнистоглинный	Пестрой, пятнистой окраски с бурыми, коричневыми и сизыми расплывчатыми пятнами, с более или менее прочными разной величины железистыми конкрециями, глинистый, вязкий; периодически оказывающийся под уровнем грунтовых вод.
B^{17}. Отбеленный	Белесый, песчанистый, переходящий книзу в железистую (латеритная) плиту.
B^{18}. Литоморфный мелкоземистый	Подгумусовый слой с пониженным содержанием органики сравнительно с вышележащим слоем, гумус зачастую распределен языками, мелкоземистого механического состава; минеральная часть подверглась выветриванию, но без выраженного видоизменения, возможна некоторая потеря железа, перераспределение карбонатов; структура обусловлена объемными изменениями при увлажнении и высушивании.
B^{19}. Литоморфный известковистый	Неоднородной окраски, верхний горизонт (гор. А) проникает темноцветными или красноокрашенными языками и пленками в выветрелую известковистую породу.
B^{20}. Подпахотно-уплотненный	Горизонт, непосредственно подстилающий пахотный слой, сильно измененный под воздействием агрикультуры, обогащенный илом и гумусом, перемещенными из пахотного слоя в процессе длительной его обработки (вторично аккумулированный материал составляет не менее 15% объема горизонта).

сочетаний гор. А и В разъясняются, и классы разделяются при учете особенностей гор. С.

Также лишь в отдельных случаях допускались по 2 сочетания гор. А и В, но это было связано лишь с разной возможной выраженностью, соответствующей органо-минеральной реакции (типы: Т, Z, Б).

После выяснения состава наиболее характерных генетических горизонтов (числа и их признаков) предпринято определение типовых сочетаний гор. А, В и С для почв относительно наиболее изученных классов почвообразования (табл. 48). Это именно типовые сочетания, отражающие характерные и общие черты, присущие почвам соответствующих классов. При этом процесс почвообразования интерпретировался и подбирались генетические горизонты в соответствии с представлениями об особенностях органо-минеральных реакций, по которым выделен тот или другой класс почвообразования.

Диагностические характеристики горизонта, переходного к почвообразующей породе (гор. С)

Индекс и наименование	Основные морфологические признаки
C^1. Обызвесткованный	Светлый, обычно палевой окраски с белесоватостью от карбонатных пленок и множества мелких жилок углекислой извести, иногда с редкими глазками $CaCO_3$, неясно- и непрочнокомковатый, тонкопористый (лессовидный).
C^2. Белоглазковый	Палевый с белыми известковистыми пятнами, прожилками или журавчиками, бурно вскипающий от кислоты, слегка трещиноватый, грубокомковатый или с намечающейся глыбистостью.
C^3. Солевой	Светлоокрашенная малоизмененная карбонатная порода с выделениями белоглазки, солей в виде жилок, кристаллов.
C^4. Силикатно-кальциевый	Палевый, буроватый с цементированными карбонатными выделениями, переходящими в монолитную плиту.
C^5. Иллювиированный	Пестрой окраски: буровато-палевый с бурыми и серыми (иногда сизоватыми) языками из гор. В, слаботрещиноватый, неясной призмовидно-глыбистой структуры, иногда карбонаты в виде грязно-белых пятен, прожилок.
C^6. Выщелоченный	Неоднородной окраски: бурый, желтоватый с сизоватыми пятнами и ржаво-коричневыми уплотненными зернами и прожилками («ортзанды»), бесструктурный, свободный от карбонатов.
C^7. Глинный	Желтый, желто-бурый, глинистый, плотный, случаются выветрелые обломки пород—глинная кора выветривания.
C^8. Аллитный (ферраллитный)	Красно-бурый с красными, охристо-желтыми и белесыми пятнами, иногда с белыми прожилками, глинистый, вязкий—красноцветная кора выветривания.
C^9. Латеритизированный	Красноцветный, плотный (массивный) с множеством железистых конкреций.
C^{10}. Латеритный	Пестроокрашенный: красный с оранжевыми, желтыми и блекло-сизыми пятнами, с железистыми конкрециями и стяжениями, пронизан ячеистыми ходами (везикулярный), массивный.
C^{11}. Глубинноглеевый	Пестрой, мраморовидной окраски с сизыми и ржаво-бурыми пятнами, вязкий.
C^{12}. Литоморфный мелкоземистый	Рыхлые мелкоземистые слоистые отложения разного генезиса с более или менее выраженными признаками видоизменения под влиянием поступающих сверху продуктов почвообразования.
C^{13}. Литоморфный обломочный	Зона дезинтеграции массивных пород (изверженные, осадочные и др.) с выраженными видоизменениями под влиянием выветривания и поступающих сверху продуктов.
C^{14}. Литоморфный известковый	Известковистая почвообразующая порода, в некоторой мере видоизмененная продуктами, поступающими из верхних горизонтов.

Сопряженность видов генетических гор. А и В для почв разных классов почвообразования
(соответственно типам органо-минеральных реакций)

Виды гор. А \ Виды гор. В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1														П					
2														П					
3				T		Z								П					
4																			J
5		K																	
6																			
7									B									Ш	
8							L												
9			N																
10								R											
11																			
12					Л														
13				T															
14	F, I																		
15								R											
16								U											
17									C										
18									D	M	P								
19												V							
20									Y										
21						Z								Г					
22															Б	Б			
23												W					Д		
24																			
25																		Ш, Э	

Столь четкое обособление классов почвообразования по сочетанию характерных видов генетических гор. А, В и С дает право заключить, что анализ профиля почвы, исходя из представления о системах видов генетических горизонтов (табл. 41, 42, 43), может быть весьма полезным при диагностике почв. Этим же целям должны служить и описания видов генетических горизонтов (табл. 44, 45, 46).

Таблица 48

Типовые сочетания генетических горизонтов (А, В, С) для почв разных классов почвообразования

Классы почвообразования	Генетические горизонты			Классы почвообразования	Генетические горизонты		
	А	В	С		А	В	С
A	—	—	—	R	A^{10-15}	B^{8}	C^{7}
B	A^{7}	B^{9}	C^{3}	S	—	—	—
C	A^{17}	B^{9}	C^{2}	T	A^{3+13}	B^{4}	C^{6}
D	A^{18}	B^{9}	C^{4}	U	A^{16}	B^{8}	C^{7}
E	—	—	—	V	A^{19}	B^{13}	C^{8-9}
F	A^{14}	B^{1}	C^{1}	W	A^{23}	B^{12}	C_{6}
G	—	—	—	X	—	—	—
H	—	—	—	Y	A^{20}	B^{8}	C^{11}
I	A^{14-18}	B^{1}	C^{1}	Z	A^{3+21}	B^{6}	C^{11}
J	A^{4}	B^{19}	C^{14}	Г	A^{21}	B^{14}	C^{11}
K	A^{5}	B^{2}	C^{2}	Ж	—	—	—
L	A^{8}	B^{7}	C^{5}	Б	A^{22}	B^{15+16}	C^{10+11}
M	A^{18}	B^{10}	C^{4}	Д	A^{23}	B^{17}	C^{10}
N	A^{9}	B^{3}	C^{6}	Л	A^{12}	B^{5}	C^{5}
O	—	—	—	П	A^{1-2-3}	B^{14}	C^{12}
P	A^{18}	B^{11}	C^{13}	Ш	A^{7-25}	B^{18}	C^{11}
Q	—	—	—	Э	A^{25}	B^{18}	C^{3}

Наконец, чтобы показать большую характеристичность установленных видов генетических горизонтов, сжато описанных в табл. 44, 45, 46, произведены как бы «типовые» описания профилей почв разных классов (исключая относительно менее изученные).

Это не есть собственно описания профилей почв. Назначение их — показать главные особенности строения почвенных профилей разных классов. По этой же причине приводимые профильные характеристики в некоторых случаях относятся к группе почв, рассматриваемых, однако, как принадлежащие к одному классу почвообразования. В описаниях не указываются мощности соответствующих горизонтов, поскольку таковые являются признаками, по которым различаются уже отдельные генетические типы почв. Мощность и относительная выраженность признаков соответствующих видов горизонтов будут изменяться в связи с биоклиматическими различиями почвообразования, но общая структура (схема) почвенного профиля сохранится для почв определенного класса.

Из приводимых ниже описаний вполне очевидно следует, что они весьма ярко обнаруживают различия в главных особенностях профилей почв, принадлежащих к разным классам (гор. A^{0} опущен), и подтверждают большие диагностические возможности предложенных описаний видов генетических горизонтов А, В и С.

ТИПОВЫЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ РАЗНЫХ КЛАССОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

В. Щелочной

Солонцы

Гор. A^7. Серый, светло-серый, в верхней части пластинчатой структуры, книзу неяснокомковатый или бесструктурный, резко переходит в следующий горизонт, от кислоты вскипает, щелочной.

Гор. B^9. Серый, буровато-серый, книзу серовато-бурый, неоднородной окраски, значительно темнее вышележащего, обогащенный илом, в частности, в виде илово-гумусовых потеков по граням структурных отдельностей, плотный, с характерной призмовидной и столбчатой структурой; в нижней части бурно вскипает, обычна белоглазка.

Гор. C^3. Светлоокрашенная малоизмененная карбонатная порода с выделениями белоглазки, солей в виде жилок, кристаллов.

С. Сиаллитно-оглиненный щелочнодеградационный

Сероземно-бурые

Гор. A^{17} Светлоокрашенный; палевый, буроватый или красноватый, листоватый, слоеватый, плитчатый, малокарбонатный или бескарбонатный, но насыщенный.

Гор. B^9. Красновато-бурый, плотный, ореховато-призмовидный, обогащенный илом, также в виде илово-гумусовых пленок и потеков по граням структурных отдельностей; поверхность столбчатых отдельностей покрыта белесым налетом кремнеземистой присыпки; в нижней части бурно вскипает, обычна белоглазка.

Гор. C^2. Палевый с белыми известковистыми пятнами, прожилками или журавчиками; бурно вскипает от кислоты, слегка трещиноватый, грубокомковатый или с намечающейся глыбистостью.

F. Аккумулятивноизвестковый

Сероземы: светлые, типичные, темные

Гор. A^{14}. Палевый с различной степенью сероватости, но несущественно темнее нижележащего гор. В, с карбонатными пленками на стенках почвенных пор или в форме микровыделений, рыхлый, слабокомковатый, с поверхности неясно слоеватый.

Гор. B^1. Очень светлый, буроватый, по окраске мало отличающийся от вышележащего гумусоаккумулятивного горизонта, с обильными известковыми пленками на поверхности структурных отдельностей и по стенкам пор или с неясной белоглазкой, прожилками, неяснокомковатой структуры, губчатого, каверзного строения, обильно пронизан ходами насекомых, мелких землероев.

Гор. C^1. Светлый, обычно палевой окраски с белесоватостью от карбонатных пленок и множества мелких жилок углекислой извести, иногда с редкими глазками $CaCO_3$, неясно- и непрочнокомковатый, тонкопористый (лессовидный).

J. Гуматноизвестковый

Перегнойнокарбонатные

Гор. A^4. Темный (черный, серый), гумус тесно ассоциирован с минеральной частью, зернисто-комковатый, комковатый, обогащен карбонатами (бурно вскипает).

Гор. B^{19}. Неоднородной окраски: верхний темноцветный горизонт проникает языками и пленками в выветрелую известковистую породу.

Гор. C^{14}. Известковистая почвообразующая порода, в некоторой мере видоизмененная продуктами, поступающими из верхних горизонтов.

K. Сиаллитный кальциевонасыщенный (степной тип почвообразования)

Черноземы, каштановые

Гор. A^5. Темный (черный, серый, каштаново-серый), гумус тесно ассоциирован с минеральной частью, слабо вскипает или вообще не вскипает, но преобладающе насыщен щелочноземельными катионами, выраженно структурный (комковатый, комковато-зернистый, зернистый), не очень плотный.

Гор. B^2. Переходный к гор. С, более яркий по тону, чем вышележащий гумусовый слой, неравномерной окраски, бурый или темно-бурый с темными перегнойными языками, комковатый или комковато-призматический, плотнее вышележащего, может быть слабо трещиноватым, часто имеются черво-

роины, кротовины, в нижней части горизонта выделения карбонатов в виде мицелия или белоглазки.

Гор. C^2. Палевый с белыми известковистыми пятнами, белоглазкой, прожилками или журавчиками, бурно вскипает от кислоты, слегка трещиноватый, грубокомковатый или с намечающейся глыбистостью.

N. Сиаллитный кальциевовыщелоченный

Серые лесные

Гор. A^9. Темно-серый, серый, в нижней части несколько светлее (белесоват) и с кремнеземистой присыпкой по граням структурных отдельностей, комковато-пылеватой структуры, книзу переходящей в ореховатую (A_2); белесыми пятнами может заходить по трещинам в гор. В (A_2B); бескарбонатный, но насыщенный или слабокислый.

Гор. B^3. Неравномерно серый, коричневато-серый, коричневато-бурый с кремнеземистой присыпкой в верхней части профиля и с темными пятнами, затеками и глянцевитостью по граням структурных отдельностей — в нижней, плотный, комковато-ореховатой или комковато-призмовидной структуры.

Гор. C^6. Пестрой окраски: буровато-палевый с бурыми сизовато-серыми языками из гор. В, слаботрещиноватый, призмовидно-глыбистой структуры, иногда карбонаты в виде грязно-белых пятен, прожилок.

L. Слитноглинный

Черные субтропические, слитые черноземы, слитые серо-коричневые

Гор. A^8. Темный (черный, темно-серый, темно-коричневый), мощный, плотный, вязкий во влажном состоянии и слитой, трещиноватый, глыбистый — в сухом.

Гор. B^7. Черный, серый, коричневый, подгумусовый слой весьма плотного сложения, крайне твердый и сильнотрещиноватый в сухом состоянии, сильно набухающий и более ломкий — во влажном, отмечается ромбовидная структура по плоскостям скольжения, в нижней части горизонта возможных выделения карбонатов.

Гор. C^5. Пестрой окраски: буровато-палевый с бурыми и серыми (иногда сизоватыми) языками из гор. В, слаботрещиноватый, неясной призмовидно-глыбистой структуры, иногда карбонаты в виде грязно-белых пятен, прожилок.

T. Сиаллитный ненасыщенный

Дерново-подзолистые

Гор. A^{13}. Сверху лежит слой лесной подстилки, иногда заметно оторфованный, или дернина небольшой мощности (A_0, в пахотных почвах отсутствует), глубже этого слоя серый или светло-серый, непрочной комковатой структуры (A_1), книзу переходит в белесоватый, светло-серый или палевый горизонт в той или иной степени опесчаненный, пластинчатой структуры или бесструктурный (A_2); в нижней части встречаются железистые новообразования в виде конкреций, возможны оглеенные пятна сизоватого цвета; реакция кислая.

Гор. B^4. Пестроокрашенный: бурый, желто-бурый, красновато-бурый с более светлыми сизоватыми и темными (перегнойными) языками и потеками, сверху плитчатой, глубже ореховатой и многогранной структуры, плотный, в случае залегания под выраженным гор. A_2 в верхнюю часть горизонта проникают белесые языки гор. A_2; часто содержит значительные количества новообразований железа, марганца в виде конкреций, прожилок, возможно наличие голубовато-сизых оглеенных пятен; реакция кислая. При выраженных послойных различиях подразделяется на гор. B_1 и B_2.

Гор C^6. Неоднородной окраски: бурый, желтоватый с сероватым оттенком, с ржаво-коричневыми уплотненными зернами и прожилками («ортзанды»), бесструктурный, выщелоченный от карбонатов.

W. Гумусоопесчаненные

Подзолы

Гор. A^{23}. С поверхности — небольшой мощности подстилка (A_0), песчанистый слой серовато-белесый, белесый, значительно обедненный илом и железом или железом и глиноземом.

Гор. B^{12}. Иллювиальный, обогащен привнесенными илом, полуторакисями и в некоторой мере гумусом, нередко ортштейновый, железистые конкреции и бобовины, обильные в нижней части горизонта.

Гор. C^6. Неоднородной окраски: бурый, желтоватый с сизоватыми пятнами, с ржаво-коричневыми уплотненными зернами и прожилками («ортзанды»), бесструктурный, свободный от карбонатов.

Л. Сиаллитный глеево-щелочной

Солоди луговые

Гор. A^{12}. Темно-серый, серый, рыхлый, бесструктурный или комковато-пластинчатой структуры в верхней части (A_1) и переходящий книзу в горизонт белесоватой окраски, пластинчатой структуры, с многочисленными ржавыми железистыми пятнами (A_2), бескарбонатный, щелочной.

Гор. B^5. Серый и буровато-серый, темнее вышележащего, с темными пленками по граням отдельностей; часто вскипает в нижней части, иногда заметно оглеен.

Гор. C^5. Пестрой окраски: буровато-палевый с бурыми и сизовато-серыми языками из гор. В, слаботрещиноватый, неясной призмовидно-глыбистой структуры, иногда карбонаты в виде грязно-белых пятен и прожилок.

R. Глинный насыщенный

Коричневые (лесные)

Гор. A^{10}. Темный, с явным коричневым или красноватым тоном за счет железистых пленок на минеральных зернах и микроагрегатах, повышенно-оглиненный слитнокомковатый, малокарбонатный или бескарбонатный, но преобладающе насыщенный двухвалентными катионами.

Гор. B^8. Красновато-бурый, темно-бурый, со значительным накоплением силикатного ила, выраженным в морфологии (затеки по граням структурных отдельностей), плотный, комковато-глыбистый или ореховато-призмовидный.

Гор. C^7. Желтый, желто-бурый, глинистый, плотный, случаются выветрелые обломки пород — глинная кора выветривания.

U. Глинный ненасыщенный

Бурые лесные

Гор. A^{16}. Однотоннокрашенный, бурый, желтый, красноватый, в сухом состоянии заметно бледнее, в нижнем слое светлее нижележащего (гор. В), нередко с белесоватыми оглеенными пятнами, бескарбонатный, ненасыщенный или с кислой реакцией.

Гор. B^8. Красновато-бурый, темно-бурый иллювиальный горизонт со значительным накоплением силикатного ила, выраженным в морфологии (затеки по граням структурных отдельностей), плотный, комковато-столбчато-глыбистый или ореховато-призмовидный.

Гор. C^7. Желтый, желто-бурый, глинистый, плотный, случаются выветрелые обломки пород — глинная кора выветривания.

Y. Глинный глеевый насыщенный

Бурые лесные параподзолистые насыщенные

Гор. A^{20}. Неоднородно окрашенный, светло-бурый или палевый с буроватыми, осветленными и сизоватыми пятнами, придающими горизонту мраморовидную окраску, малокарбонатный, бескарбонатный, но насыщенный.

Гор. B^8. Красновато-бурый, темно-бурый иллювиальный горизонт со значительным накоплением силикатного ила, выраженным в морфологии (затеки по граням структурных отдельностей), плотный, комковато-столбчато-глыбистый или ореховато-призмовидный.

Гор. C^7. Желтый, желто-бурый, глинистый, плотный, случаются выветрелые обломки пород—глинная кора выветривания.

Г. Глинный глеевый ненасыщенный

Бурые лесные параподзолистые ненасыщенные

Гор. A^{21}. Серый, серовато-бурый с поверхности и глубже осветленный, мраморовидный — с глеевыми пятнами и бурыми примазками, бескарбонатный, кислый.

Гор. B^{14}. Осветленный, серый, буро-серый, неоднородной мраморовидной окраски с расплывчатыми палевыми, сизоватыми, белесыми и более мелкими буровато-ржавыми пятнами.

Гор. C^{11}. Пестрой, мраморовидной окраски с сизыми и ржаво-бурыми пятнами, вязкий.

V. Ферраллитный ненасыщенный

Красноземы (тропические, субтропические)

Гор. A^{19}. Коричневый, красно-коричневый, буровато-красный с густым тоном (до темно-красного) за счет железистых пленок на поверхности почвенных частиц или рассеянных мелких железистых конкреций, комковато-зернистый, комковатый или неясномкомковатый, бескарбонатный, ненасыщенный, кислый.

Гор. B^{13}. Обычно красноокрашенный, красно-бурый, но на кислых породах более светлой окраски, горизонт значительного выветривания с накоплением остаточных полуторaокисей и обломков остаточного кварца; с железистыми конкрециями, в выраженных случаях переходящих в цементированную массу.

Гор. C^{8}. Красно-бурый с красными, желтыми и белесыми пятнами, глинистый, вязкий — красноцветная кора выветривания.

Б. Аллитный ненасыщенный

Аллиты латеритизированные

Гор. A^{22}. Бурый, желтый, красноватый, в сухом состоянии заметно бледнее, ненасыщенный, с кислой реакцией.

Гор. B^{15}. Светлоокрашенный: палевый, желтоватый с сизоватыми пятнами, горизонт значительного выветривания с одновременным удалением кремнекислоты и окислов железа.

Гор. C^{10}. Пестроокрашенный: красный с оранжевыми, желтыми и блекло-сизыми пятнами с железистыми конкрециями и стяжениями, пронизан ячеистыми ходами (везикулярный), массивный.

Д. Глеевоопесчаненный

Отбеленные

Гор. A^{23}. С поверхности — небольшой мощности подстилка (A_0), песчанистый слой серовато-белесый, значительно обедненный илом и железом или железом и глиноземом.

Гор. B^{17}. Белесый песчанистый, переходящий книзу в железистую (латеритную) плиту.

Гор. C^{10} Пестроокрашенный: красный с оранжевыми, желтыми и блекло-сизыми пятнами с железистыми конкрециями и стяжениями, пронизан ячеистыми ходами (везикулярный), массивный.

Таким образом, существует реальная возможность придать описаниям морфологии почвенного профиля более объективный характер и тем самым повысить их диагностическую ценность. Разумеется вместе с этим, что приведенные типовые характеристики генетических горизонтов не исключают детального полевого описания почвенного профиля, в котором должны получить выражение все черты, обусловленные историей формирования конкретной почвы, возможные ее переходные признаки, так же как и отражающие местное своеобразие почвообразования.

ЧАСТЬ III

ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

ГЛАВА 16

ПРЕДПОСЫЛКИ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В почвенно-географических работах всегда уделяется большое внимание описанию условий почвообразования и выяснению структуры почвенного покрова. Однако подход к этим вопросам весьма различен.

Если мы обратимся к описанию условий почвообразования, то есть все основания полагать, что учет таковых в большинстве случаев производится в очень неполной форме. Хотя описание условий почвообразования всегда было обязательной частью почвенно-географических работ («факторы почвообразования»), оно почти, как правило, сводились к простому переложению характеристик из соответствующих специальных источников (климатические, ботанические, геологические и др.) в сопровождении большего или меньшего числа таблиц климатических данных, анализов горных пород, перечней видов растений и др. Действительная же связь между почвами и условиями среды оставалась по существу нераскрытой.

Нет также должной ясности и в основаниях для различения разного рода сочетаний, комплексов почв и учета связи их с рельефом, породами и т. д. («что за счет чего»).

Это положение хорошо проявляется и на примере выделения почвенных зон. Решение вопроса о зональном расчленении почвенного покрова на первый взгляд представляется простым и легко осуществимым. Поводом для такого мнения служат ясность самой концепции о почвенной зональности и многочисленные примеры выделения почвенных зон на мелкомасштабных картах Советского Союза и его отдельных обширных территорий. Однако уже на этом этапе выделения зон далеко не всегда были разъяснены основания, которыми руководствовались на практике.

Иллюстрацией к сказанному относительно неясности критериев при выделении почвенных зон могут служить хотя бы те расхождения в признаках зон, которые указываются П. А. Летуновым (1956) и Методическим бюро университетов (Виленский, 1957). П. А. Летунов для природных зон в части их «почвенного» содержания указывает наличие «определенных и взаимосвязанных типов почв и растительности». В рекомендациях же Методического бюро в качестве основного признака для почвенной зоны берется преобладающий основной зональный тип почв.

Последний критерий принят и при выделении почвенных зон при почвенно-географическом районировании СССР: «Под почвенной зоной понимается ареал распространения зонального почвенного типа и сопутствующих ему интразональных почв» («Почвенно-географическое районирование СССР», 1962, стр. 12).

Все эти неясности и трудности становятся особенно ощутимыми при попытке выделения почвенных зон и подзон на основе детальных почвенных карт относительно небольших территорий. Поэтому, полагаю, имеются основания говорить о необходимости разработки метода анализа зональных закономерностей в целях обоснованного выделения почвенных зон.

В наше время, когда материалистическая биология исходит из идеи о диалектическом единстве организма и среды, становится необходимым полный и активный учет отношений между почвой и почвообразователями. Должны быть серьезно развиты основы генетического анализа почвенного покрова.

Генетический анализ почвенного покрова мыслим в 2 формах: наиболее общей — генетической классификации и более конкретной — эколого-генетической.

Классифицируя почвы, мы стремимся представить их в некоторой системе по существенным свойствам, отражающим стадии почвообразования. Почва оценивается главным образом по признакам их вещественного состава и в более или менее генерализованном и типизированном виде. При этом используется и координатный метод диагностики почв. Эколого-генетический же анализ имеет целью разобраться в происхождении и всех особенностях компонентов конкретного почвенного покрова, вплоть до отдельного контура.

Ясно, что генетический анализ почв будет наиболее полным и глубоким при условии сопряженного разбора как классификационных, так и экологических соотношений. Добавим также, что реализация генетического анализа почвенного покрова может быть достаточно успешной лишь при наличии классификационной системы и метода исследования почвенно-экологических отношений, разработанных также на основе известных общих принципов. Автор полагает, что последнему требованию отвечает классификация почв, рассмотренная в главе II (см. также Волобуев, 1956, 1963, 1964).

В разъяснении роли отдельных условий (факторов) в формировании почв, в оценке их в смысле почвенно-генетического значения следует опираться на положения и достижения экологии почв. Особо важной задачей почвенной экологии является выяснение типических сочетаний условий почвообразования, при наличии которых процессы почвообразования развиваются качественно своеобразно, обусловливая возникновение некоторых характерных почв и их сочетаний (Волобуев, 1963).

В связи с этим на одно из первых мест выдвигается идея о парагенезисе почв. Выяснение наиболее общих закономерностей парагенезиса почв, т. е. образования определенных групп почв, связанных общими условиями происхождения, важно как для правильного понимания особенностей самих почв, так и для истолкования условий почвообразования.

Принимая во внимание тип биоклиматических условий, при которых формируется та или другая почва, разбирая отношения конкретной почвы с другими компонентами почвенного покрова, мы получаем возможность более уверенно судить о принадлежности почвы к известному генетическому типу.

Вместе с тем распределение почв по почвенным общностям создает основу и для исследования почвенно-географических закономерностей.

В итоге можно сказать, что эколого-генетический анализ почвенного покрова некоторого конкретного объекта заключается в выявлении эволюционных рядов почв, в выяснении наиболее вероятной смены их в пространстве и во времени в связи с развитием растительности, пород, рельефа при данном типе биоклиматических условий.

Итоговым результатом эколого-генетического анализа является, с одной стороны, определение на основе экологических данных классификационного положения рассматриваемых почв и, с другой, — выяснение зональной структуры почвенного покрова того или другого региона.

Эколого-генетический анализ ни в коей мере не уменьшает важности других подходов и методов в решении классификационных и почвенно-региональных задач в приложении к отдельным объектам. Он лишь расширяет характеристику почв путем более полного и строгого учета условий почвообразования. В этом смысле он может быть полезен и при разъяснении генезиса изучаемых почв и при классификации, а также разборе географии почв.

Практическое выполнение генетического анализа целесообразно начинать с выяснения почвенно-климатических отношений в пределах исследуемого региона, поскольку они носят наиболее общий характер и могут обнаруживаться во влиянии всех других факторов. Затем уже следует переходить к рассмотрению возможного значения рельефа, пород, растительности, генетических соотношений между компонентами почвенного покрова, наконец, зональной структуры.

Биоклиматические отношения. Разбор биоклиматических отношений — важная задача в эколого-генетическом анализе почвенного покрова.

Поставленным целям, полагаем, может служить гидротермическая система, отражающая наличие вполне определенной связи между почвами и климатическими условиями их существования. В гидротермической системе закономерные соотношения между почвами и климатическими условиями их формирования выражены в форме почвенных терморядов и гидрорядов, отвечающих вместе с тем и качественным рубежам в существовании растительности (Волобуев, 1953, 1963).

Гидротермическая система дает возможность, используя обычные климатические показатели и найденные гидротермические зависимости, с большой определенностью оценить климатические условия в отношении их роли в почвообразовании, другими словами, — установить их почвенно-экологическую значимость.

При этом важно, что оценка климатических условий отдельных территорий производится в свете общих закономерных связей между почвой и климатом. Используя ранее выполненное исследование почвенно-климатических отношений, мы можем при генетической характеристике и определении типа почв использовать климатические данные наряду с химическими, геоботаническими и др. Существенно то, что климатические данные будут оценены с учетом их роли в почвообразовании, установленной в обобщенном виде на самом широком материале. Иными словами, использование гидротермической системы делает истолкование климатических данных более целеустремленным и более строгим — именно как фактора почвообразования.

Первым практическим приемом экологической оценки климатических условий является определение по показателям ближайших метеорологических станций о средней годовой температуре и годовой сумме осадков положения этой станции на поле гидротермической системы. Затем можно, наложив на почвенную карту карты годовых изотерм и изогиет, «сняв» отметки средней годовой температуры и годовой суммы осадков по всем контурам распространенных почв и очертив поля этих отметок, выяснить их климатические ареалы, т. е. наиболее характерные для них климатические условия и относительное положение по этим признакам отдельных почв. Составление графика почвенно-климатических ареалов дает возможность также в более строгой форме расположить рассматриваемые почвы в определенные ряды в последовательности сопряженности их с условиями тепла и влаги.

Следующим этапом выяснения биоклиматических условий может быть построение карт зон тепла и зон увлажнения, составляемых на основе карт средней годовой температуры и годовой суммы осадков с использованием гидротермической системы*. Прямое сопоставление почвенной карты с картами зон тепла и увлажнения дает важную дополнительную возможность выяснить в региональном плане и аналитически климатическую сопряженность почв раздельно по условиям тепла и влаги.

Разбор сопряженности почв разных типов и подтипов с соответствующими климатическими условиями, выполняемый методом почвенно-климатических ареалов или составлением климатических карт зон тепла и увлажнения, в конечном итоге позволяет четко представить различия между почвами в отношении условий тепла и влаги путем составления карт уже почвенных термозон и гидрозон. Эти карты показывают размещение почв, связанных с качественно разными градациями тепла и влаги, выясненными из анализа почвенно-климатических отношений и учета географии конкретных почв. Понятно поэтому, что климатические карты зон тепла и увлажнения и карты почвенных термозон и гидрозон географически близки между собой, но могут расходиться в деталях географии, поскольку при выделении почвенных термозон и гидрозон учитываются не только климатические данные, но главным образом фактическое размещение почв, отнесенных на предыдущих этапах исследования гидротермической сопряженности к той или другой градации тепла или влаги. В связи с этим можно утверждать, что карты почвенных термозон и гидрозон наиболее правильно выявляют качественно значимые градации в тепловом и водном режиме почв и очень важны при разъяснении генезиса почв и их агропроизводственной оценки.

Кора выветривания. Для целей генетического анализа почвенного покрова важное значение имеет правильное понимание роли тех или других пород в почвообразующих процессах.

Значение пород выясняется не только путем установления их однообразия или разнообразия, но прежде всего сопряженностью почв с некоторыми группами пород, качественно значимыми для почвообразования. Прежде всего, конечно, принимается во внимание химический состав самих горных пород в основном его подразделении (кислые, основные и т. п.). Но не менее важно правильно понять и характер преобразования пород в процессах формирования коры выветривания. О последних мы можем судить по данным состава остаточных и мигрирующих продуктов выветривания.

Большое разнообразие форм коры выветривания связано прежде всего с тем, что в ее формировании участвуют не только массивно-кристаллические породы, но и наносы (параэлювий и неоэлювий). В попытке принять во внимание при эколого-генетическом анализе характер преобразования горных пород в наружной оболочке земли полезно понимать этот процесс как стадийно протекающий. Но связь здесь сложнее, чем простая сопряженность. То или другое значение почвообразующей породы определяется не только самими ее свойствами, но и тем, в каких гидротермических и окислительно-восстановительных условиях протекает изменение коры выветривания в процессе почвообразования. Существенное значение при этом приобретают характер взаимодействия

---

* Случается, высказываются критические суждения о целесообразности использования в почвенно-экологических исследованиях средних годовых данных по условиям тепла и влаги. Однако все исследования согласно подтверждают высокую экологическую значимость такого рода показателей. Сошлемся, например, на недавние работы А. Р. Константинова и Л. И. Сакали (1967), Конке, Штуффа, Миллера (Kohnke, Stuff, Miller, 1968). Л. Тюрк (1958) показал высокую достоверность зависимостей водного баланса почв, учитывающих в качестве показателя тепла среднегодовую температуру.

между минеральными и органическими веществами почвы, а также процесс видоизменения органо-минеральных комплексов.

Этот разбор выполняется путем распределения всех выявленных почв по видам коры выветривания в форме некоторой таблицы или, если позволяют данные, в более строгой форме — путем составления карты кор выветривания, контуры которой сопряжены с соответствующими почвенными контурами.

Почвенные формации. При выявлении принадлежности почв к тем или другим формациям надо прежде всего учитывать, что процесс почвообразования, как и биологический круговорот веществ, сопряжен с более широким процессом — геологическим круговоротом в самой наружной оболочке земли. Следовательно, при решении поставленной задачи важно учесть факторы как биологического порядка, так и геологического.

Задача сводится к тому, чтобы установить почвы, развивающиеся при отсутствии привноса веществ факторами геологического круговорота, и почвы, в которых биологический фактор развивается при определяющем влиянии элементов пищи растений и других веществ, поступающих со стороны при участии факторов геологического круговорота.

Различия в почвах, связанные с соотношениями между геологическими и биологическими факторами круговорота веществ, устанавливаются прежде всего при рассмотрении почвенного профиля. Но этот анализ может быть существенно дополнен и углублен путем учета условий, влияющих на характер соотношений между геологическим и биологическим круговоротами. Здесь в полной мере должны быть использованы геоморфологическая карта, гидрогеологические, гидрологические данные. Эти материалы дают основания для обоснованного выделения на карте районов преимущественного выноса веществ, а также районов аккумуляции приносимых веществ. Так, геоморфологическая карта ясно показывает области, где рельеф скульптурного типа формировался преимущественно при участии процессов размыва и выноса продуктов денудации, а затем области рельефа аккумулятивного генезиса. Естественно полагать, что с этими коренными различиями в формировании рельефа теснейшим образом связана и миграция растворимых продуктов выветривания и почвообразования.

Далее картину миграции веществ дополняет рассмотрение строения речных бассейнов — выявление площадей водосбора, путей транзита вод и их стока или расхода на испарение. Гидрогеологические данные дополняют эколого-генетический анализ сведениями о минерализации речных и грунтовых вод, особенно ясно устанавливающими области аккумуляции мигрирующих веществ. Для целей этого анализа много дают материалы наблюдений за режимом влажности почв, опираясь на которые легко определить почвы атмосферного режима, режима увлажнения с дополнительным поверхностным увлажнением, почвы грунтового увлажнения. Такие материалы особенно интересны, если они представлены на специальных картах.

Совокупное использование почвенных, геоморфологических, гидрологических данных приближает нас к пониманию характера соотношений между геологическими и биологическими факторами в отдельных частях того или другого изучаемого объекта. Однако должны быть учтены и непосредственно биологические данные. Так, при выяснении роли растительности в формировании некоторых почв видовой состав растений сам по себе еще ничего не дает. Польза достигается лишь в том случае, если будет установлено, к какой группе принадлежат растения данного местообитания по их роли в геохимической миграции веществ, по водному режиму.

Чтобы представить роль растительности в почвообразовании в более конкретной форме, надо привлечь данные, связанные уже не с геологиче-

ским круговоротом веществ, а с круговоротом собственно биологическим.

Здесь на первое место должны быть поставлены карты растительности — современной и восстановленного покрова. Опираясь на эти карты, мы можем выяснить связь конкретных почв с травянистой и деревянистой растительностью, с типами растительности повышенно-увлажненных местообитаний. Сопоставление карт современной растительности с картами восстановленного растительного покрова — источник дополнительных сведений о путях эволюции почв.

Для целей эколого-генетического анализа особенную ценность представляют характеристики наличных растительных сообществ со стороны их роли в динамике органического вещества и зольных элементов в процессе почвообразования. Растительность, произрастающая на разных типах почв, накапливает весьма неодинаковое количество растительной массы. Данные по динамике последней, особенно по содержанию в ней отдельных элементов, могут быть ценным материалом при эколого-генетическом анализе почв.

Генетические отношения. В анализе генетических отношений важнейшее значение имеет выяснение местных закономерностей размещения почв и их типических сочетаний. Закономерная пространственная повторяемость является наиболее очевидным свидетельством генетической сопряженности почв.

Разбирая далее свойства компонентов почвенных сочетаний и условия их развития, устанавливаем причины, которые обусловливают возникновение имеющихся компонентов почвенных сочетаний и возможную природу их генетической сопряженности.

Располагая картами термозон и гидрозон, показывающими географию существенных для почвообразования градаций тепла и влаги, учитывая формы коры выветривания, а также привлекая геоботанические и геоморфологические карты, мы получаем возможность более углубленно подойти к анализу генетических отношений между почвами и тем самым с большим основанием определить типовую принадлежность почв изучаемого региона. При таком генетическом истолковании природы того или другого компонента почвенного покрова общей основой являются представления, выраженные в почвенной классификации.

Классификационное положение той или другой почвы при эколого-генетическом анализе практически определяется в следующем порядке.

Прежде всего выясняется природа почвы в отношении характера миграции вещества, т. е. отнесение ее к отделу генетически самостоятельных или генетически подчиненных.

Далее рассматривается генетическая связь почвы с той или иной растительной формацией с учетом условий миграции продуктов выветривания и почвообразования, что дает основание для отнесения почвы к той или иной почвенной формации.

Устанавливается стадия выветривания минеральной части данной почвы, выясняется преобладающее влияние группового и фракционного состава гумуса и тех или других поглощенных оснований. Это позволяет определить тип органо-минеральных реакций почвы.

Знание почвенной формации и типа органо-минеральных реакций раскрывает те существенные черты почвообразования, которые понимаются как класс (тип) почвообразования.

Но определение класса (типа) почвообразования еще недостаточно для общей характеристики почвы и не позволяет отнести рассматриваемую почву к генетическому типу.

Из общей идеи предложенной автором классификации следует, что отдельные генетические типы почв возникают как следствие различий в проявлении того или иного типа почвообразования в разных биоклима-

тических условиях. В связи с этим в процессе эколого-генетического анализа при решении вопроса о типе какой-то почвы некоторого региона мы должны, с одной стороны, принять во внимание коренные особенности биоклиматических условий и, с другой, — учесть генетические соотношения рассматриваемой почвы с другими почвами, сопряженными с ней парагенетически.

Почвенные зоны. Парагенетическая сопряженность почв выясняется также путем анализа зональной структуры почвенного покрова.

Понятие о почвенных зонах приобретает большую определенность, если исходить из представления о наличии типов сочетаний почв, находящихся в закономерной связи с соответствующими типами биоклиматических соотношений, т. е. если мы воспользуемся представлением о почвенных общностях. Итак, при исследовании почвенно-зональных закономерностей должны быть приняты во внимание показатели, характеризующие: зонально-градиентное распределение тепла и влаги, типы соотношений между почвой и средой, типы сочетаний почв, конкретное многообразие почв в пределах выделяемых зон. Составление на такой основе карты почвенных зон изучаемого объекта является важным приемом эколого-генетического анализа почвенного покрова. Установленные таким путем почвенные зоны отражают самые существенные различия в природных условиях, которые являются важнейшими и при определении специализации сельского хозяйства.

ГЛАВА 17

НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ НА ПРОСТРАНСТВЕ ЕВРАЗИИ

Хотя первый опыт эколого-генетического анализа (Волобуев, 1960а) содержит лишь часть элементов его, представлялось полезным все же привести результаты этой проработки, чтобы показать, в какой мере даже частичный эколого-генетический анализ может быть использован при исследовании почвенного покрова. Широчайшая гамма природных условий на пространстве Евразии создает особо благоприятные возможности для эколого-генетических сопоставлений.

Для эколого-генетического исследования был составлен рабочий макет почвенной карты Евразии в маштабе 1:15 000 000*.

При отнесении той или другой почвы к известному генетическому типу прежде всего принимались во внимание определения почв, даваемые авторами исходных карт, затем использовались опубликованные фактические материалы, характеризующие свойства почвы. Производился также анализ условий почвообразования.

В частности, путем разбора температурных и радиационных условий была выяснена сопряженность почв с соответствующими климатическими зонами тепла. Анализ сопряженности почв с определенными градациями увлажненности произведен на основе климатической карты зон увлажнения. На пространстве Евразии представлены все зоны тепла Земли: *I* — крайне холодная, *II* — холодная, *III* — умеренно холодная, *IV* — умеренно теплая, *V* — теплая, *VI* — субтропическая, *VII*—жаркая (экваториально-тропическая). То же имеем и в отношении зон увлажнения: *A, AB*—крайне сухая, *B, BC*—сухая, *C, CD*—недостаточного увлажнения, *D, DE*—уравновешенного увлажнения, *E, EF*—повышенного увлажнения, *FG*—большого увлажнения (рис. 40). В итоге сопоставления составлены уже карты почвенных термозон и гидрозон, показывающие распределение почв по их тепловым и влагобалансовым качествам (рис. 41). Наконец, истолкование связи с растительностью произведено по картам растительности на основе представления о биоклиматических типах.

Разберем в сжатом виде основные черты почвенно-фитоклиматической сопряженности, исторически сложившейся и определяющей ныне качественное своеобразие почвенных компонентов соответствующей зоны (рис. 42).

---

* При работе над картой использованы материалы многих авторов: Н. Д. Беспалова (1951), И. П. Герасимова, Ма Юн-чжи (1958), К. П. Горшенина (1955), В. А. Ковды, Н. И. Кондорской (1957), В. Койнова (1964), Е. В. Лобовой (1945), Ма Юн-чжи и др. (1957), Н. Н. Розова (1954), Сун Да-чена (1954), Е. Танова, В. Койнова (1955) и др.

Крайнее северное положение занимает тундровая зона. В ее пределах почвы и растительность представлены вполне определенными сочетаниями. Менее четка климатическая сопряженность. Зона тепла — *I*—крайне холодная—совпадает с тундровой лишь в ее восточной части. Следовательно, среднегодовая температура в данном случае — не вполне удовлетворительный показатель условий тепла. Как неоднократно отмечалось в литературе, спецификой зоны являются низкие температуры лета, среднемесячная температура которого не превышает 5—6°. В связи с решающим значением летних условий тепла различия в условиях увлажнения менее сказываются, хотя и они довольно велики.

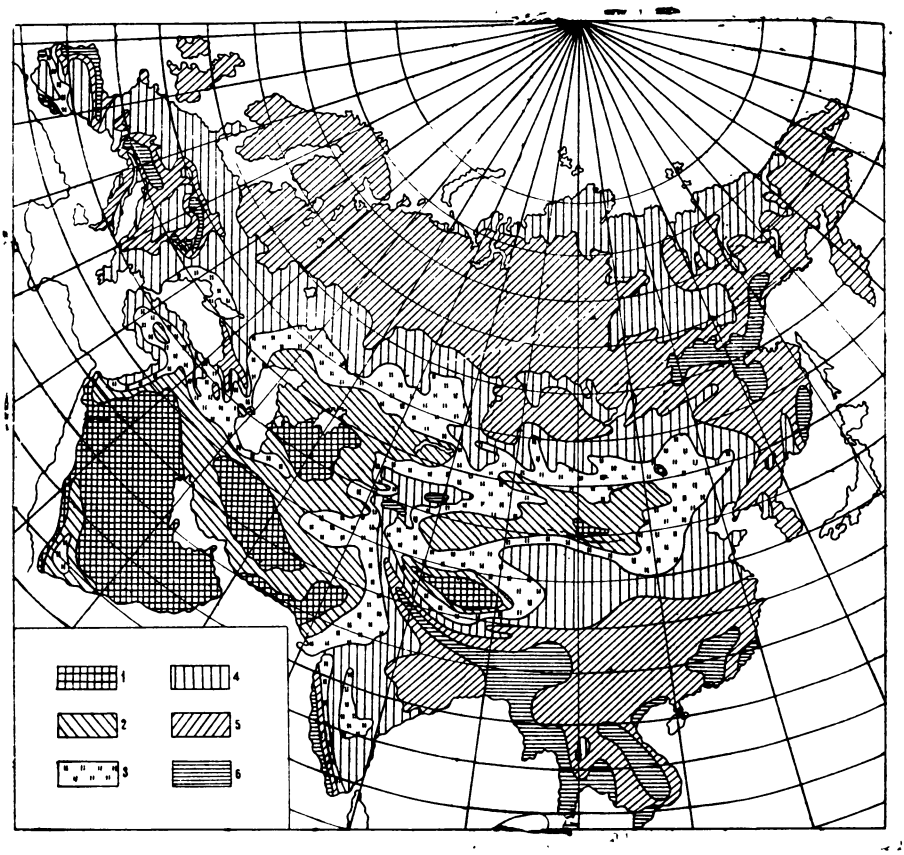


Рис. 40. Климатические зоны увлажнения Евразии.
1—A, *AB*—крайне сухая ($K < 0{,}20$); *2—B*, *BC*—сухая (K 0,20—0,41); *3—C*, *CD*—недостаточного увлажнения (K 0,41—0,76); *4—D*, *DE*—уравновешенного увлажнения (K 0,76—1,27); *5—E*, *EF*—повышенного увлажнения (K 1,27—1,96); *6—FG*—большого увлажнения ($K > 1{,}96$)

Опираясь на работы Е. Н. Ивановой (1952), О. А. Полынцевой (1952), в этой зоне мы различаем примитивные почвы — арктические пустынные (А1.1)*, тундроводерновые (Т1.2) — в наиболее прогреваемых и хорошо дренированных условиях, тундровые глеево-подзолистые (Z1.3), типичные тундровые поверхностноглеевые повышенно оглеенные и с выраженными тиксотропными свойствами (Г1.2), тундровые торфяно-глеевые (Z1.9), тундровые торфянистые с обширными торфяными буграми (П1.9).

* Отнесение приводимых почв к тому или другому генетическому типу по классификации специально не разбирается: автор полагает, что указание класса и почвенной формации уже дает основную информацию о принимаемом толковании почв. В данном рассмотрении основная цель — выявление типового разнообразия почв и опыт их систематизации.

Следующая зона — лесотундровая. Для нее также характерны особая лесотундровая растительность и особый состав почв с преобладанием глеево-подзолистых с выраженной миграцией железа и болотных— с широким распространением явлений торфообразования. Обычно эта зона как самостоятельная не выделялась. Однако ряд специфических черт почв и растительности, как и характер биоклиматических соотношений, указывает на необходимость такого выделения. Кстати, высказывания в этом смысле делаются и ботаниками (Норин, 1957).

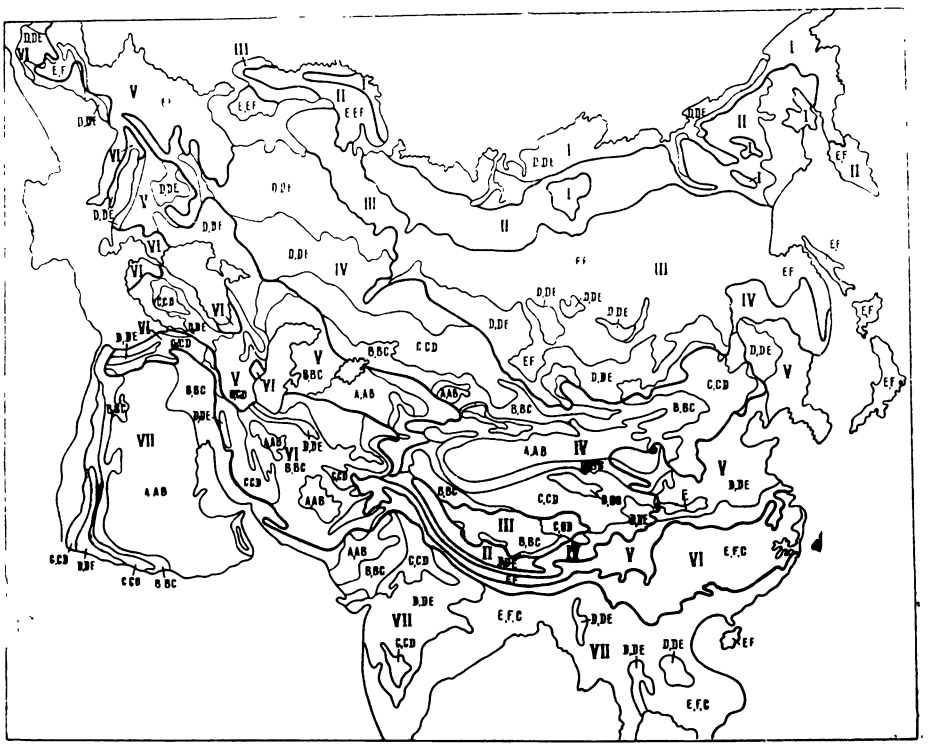


Рис. 41. Почвенные термо- и гидрозоны Евразии.
Почвы зон тепла: *I*—арктические; *II*—субарктические; *III*—холодные; *IV*—умеренно холодные; *V*—умеренно теплые; *VI*—субтропические; *VII*—экваториально-тропические.
Гидрозоны: *A, AB*—почвы пустынного увлажнения; *B, BC*—почвы полупустынного увлажнения; *B, BC*—почвы сухостепного увлажнения; *C, CD* —уравновешенного увлажнения; *E, EF* —почвы повышенного увлажнения; *EF*,*F*, *FG*, *G*— почвы повышенного и большого увлажнения

Используя упомянутые выше работы Е. Н. Ивановой и О. А. Полынцевой, а также В. Г. Зольникова, Л. Г. Еловской и др. (1962), находим необходимым различать сопряженные с этими условиями следующие основные типы почв: глеево-подзолистые (Z2,3), гумусово-железистые подзолы (T2.3), торфянисто-подзолисто-глеевые (Z2.9).

В некоторых местах южной периферии лесотундровой зоны имеются пространства со своеобразными дерновыми почвами и луговоредколесьевой растительностью. Они приурочены к условиям относительно пониженной увлажненности. Подобные пространства следует рассматривать как ареалы холоднодерновой общности.

На основе работы С. Ю. Липшица и Ю. А. Ливеровского (1937) по центральной части Камчатки, которая нами рассматривалась как относящаяся к холоднодерновой зоне (Волобуев, 1960), были выделены типы: холоднодерновые (T3.2) и холоднолугово-торфянистые (П3.9). Заметим, что к холоднодерновым отнесены также горно-луговые почвы Кавказа, Альп и других горных систем. М. А. Глазовская (1966) указа-

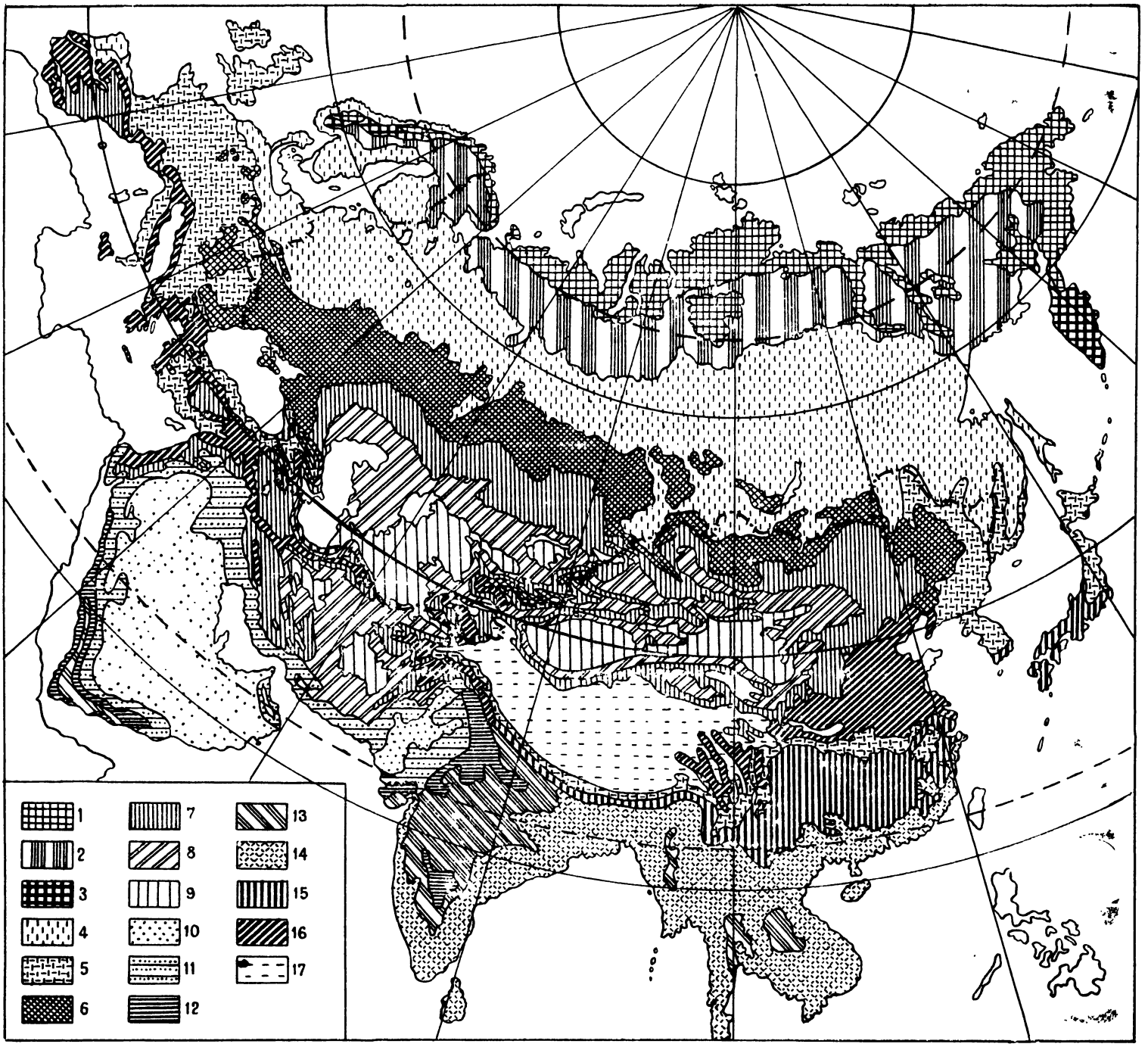


Рис. 42. Главные почвенные зоны Евразии:

1—тундровой общности; *2*—лесотундровой общности; *3*—холодноде[illegible]новой общности; *4*—дерново-подзолистой общности; *5*—подзона бурых лесных почв; *6*—черноземной общности; *7*—каштановоземной общности; *8*—сероземной общности; *9*—светлоземной общности; *10*—пустынно-тропической общности; *11*—светло-красноземной общности; *12*—сухосаванновой общности; *13*—красно-буроземной общности; *14*—красноземной общности; *15*—желтоземной общности; *16*—коричневоземной общности; *17*—горные области со сложным и очень слабо изученным почвенным покровом (горно-пустынные, горно-луговые, горно-степные и другие почвы)

ла на наличие дерновых субарктических почв в северной Норвегии, Исландии и в Шотландии, определив их как горные дерновые. По-видимому, эти почвы должны быть и в Гренландии, о чем можно судить по характеру ее растительного покрова (Бехер, 1953).

Дерново-подзолистая зона вполне ясна по своей природе. Надо лишь указать на наличие в ее пределах более теплых западной и восточной подзон, хорошо обнаруживаемых сменой типов лесов (хвойные леса основного массива сменяются широколиственными) и типов почв (дерновые и подзолистые —в основном массиве, в более теплых условиях— бурые лесные).

Состав почв зоны общеизвестен: дерново-подзолистые (Т8.3), подзолы (W8.3), торфяно-болотные (П8.9), перегнойно-карбонатные (J8.3), бурые лесные (U8.3), дерново-глеевые (Т8.5), перегнойно-торфяные (П8.7). К ним надо еще добавить «квасцовые земли» (Э8.10), указанные, в частности, для таежной зоны Финляндии (Алтонен, 1953).

Следующая по направлению к внутренним областям Евразии зона ясно сопряжена с понижением увлажнения. Связь эта, однако, неоднозначна. В условиях уравновешенного увлажнения *(D, DE)* в одних частях материка распространены почвы черноземной общности, в других — коричневоземной. Эти различия можно связать главным образом с особенностями сезонного хода тепла. Почвы черноземной общности формируются в условиях уравновешенного водного баланса, переменно засушливого лета и влажной устойчиво морозной зимы, обусловливающих возникновение фазы почвообразования с выраженными анаэробными процессами и явлениями морозной денатурации органических коллоидов. Для почв же коричневоземной общности, при тех же условиях водного баланса и лета, характерна безморозная зима, а если и морозная, то сухая, т. е. зимний период не благоприятствует возникновению влажно-морозной фазы. Вместе с тем в коричневоземной зоне почвообразование в весенне-летне-осеннее время протекает в условиях более высоких температур и влажности, чем в черноземной.

В качестве примера более полного разбора закономерностей распространения одной из характерных почв остановимся на ареале чернозема (рис. 43). Распространение черноземов на пространстве Евразии дано как на основе опубликованных сводных и более детальных почвенных карт для отдельных стран (Розов, 1954, Ma Yung-Chin, 1956), так и наиболее детальных по отдельным районам распространения черноземов (Горшенин, 1955). Примечателен уже сам общий вид ареала чернозема: в распространении его отмечается область широкого, можно сказать, сплошного залегания, вне этой основной области распространение чернозема суживается, приобретая характер отдельных узких полос или островов. Чернозем выклинивается по 4 основным направлениям: северноевропейскому, южноевропейскому, среднеазиатскому, восточному. Смена чернозема почвами других типов в направлении к югу и северу осуществляется в форме постепенных зональных переходов.

Несомненно, сложный ареал распространения чернозема отражает различия в экологии — в условиях формирования чернозема в разных областях. Черноземообразование связано с дерновой растительной формацией, со степными и лугово-степными ее типами. Из сопоставления ареала чернозема с картой распространения зональных типов растительного покрова (Геоботаническая карта СССР, 1955; Сочава, 1954) явственно устанавливается сопряженность чернозема с типичными (дерновинно-злаковые) и другими степями; имеются, однако, и заметные расхождения.

В северноевропейской части ареала чернозема последний залегает на местах, показанных на карте растительности как бывшие в прошлом под лесами. Очевидно, это расхождение связано с определенными исто-

рико-генетическими соотношениями. Значительное расхождение ареала чернозема со степной растительностью имеется на восточном его продолжении, где на пространстве внутренних районов Монгольской Народной Республики и внутренних частей Северо-Восточного Китая типичные степи распространены гораздо шире к югу и юго-западу, чем черноземные почвы.

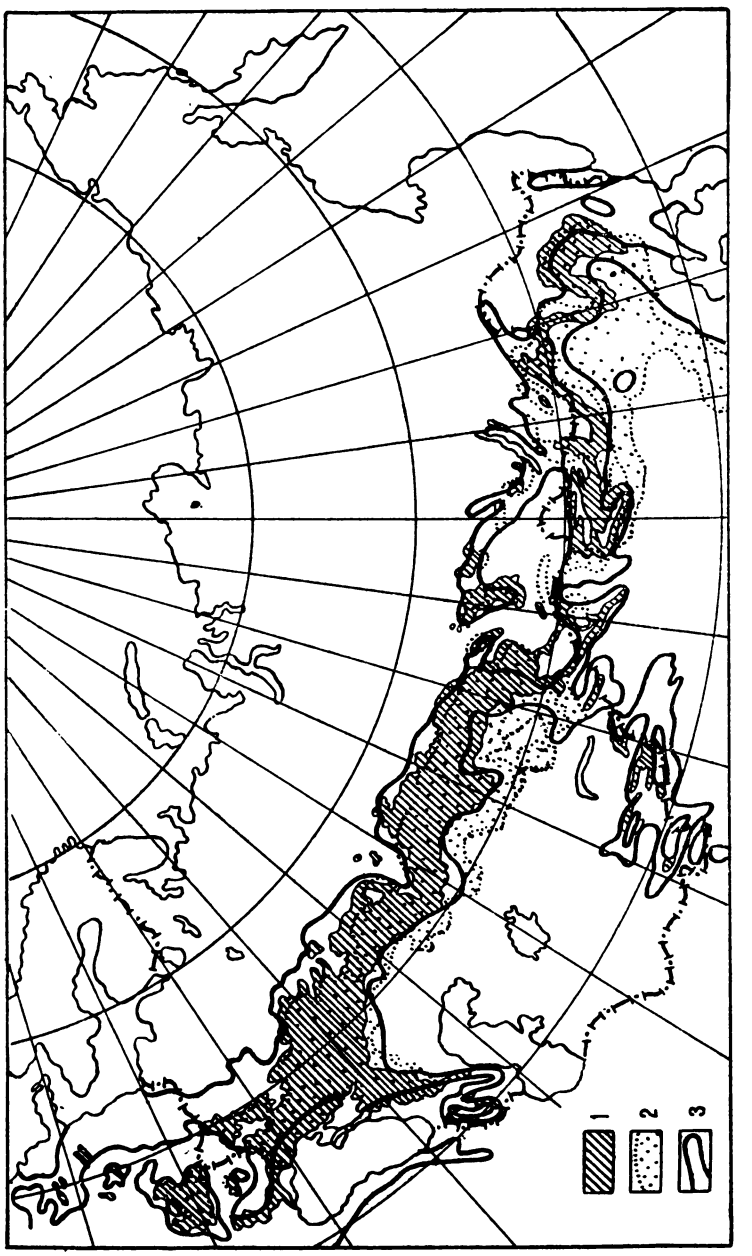


Рис. 43. Ареал чернозема и фитоклиматические условия его распространения на пространстве северной части Евразии: *1*—районы черноземных почв; *2*—районы луговых и типичных степей; *3*—внешние границы зоны увлажнения *D*,*DE* в пределах зон тепла *III*, *IV*, *V*

Приуроченность черноземов к климатическим условиям, характеризуемым водным балансом типа *D*, в не менее очевидной форме устанавливается и из сопоставления географии черноземов с гидрозонами *D* и *DE* (степная и лесостепная). При этом чернозем наибольшую пло-

щадь в пределах общей гидрозоны *D, DE* занимает в средней ее части, примерно на пространстве от Прикарпатья на западе до Алтая на востоке. Из ознакомления с температурными данными выясняется, что указанный участок гидрозоны *D, DE* располагается в температурных условиях терморяда *IV*, т. е. отвечает гидротермотипам *DIV* и *DEIV*. Напомним, что гидротермотип *DIV* является «типично» черноземным.

Но было бы, конечно, ошибкой считать на основе установленной сопряженности ареала чернозема с гидрозоной *D, DE*, что в развитии чернозема определяющим фактором является только известный тип водного баланса. Вывод должен быть иным. Из факта более узкого, чем гидрозона *D, DE,* распространения чернозема следует, что «уравновешенный» тип водного баланса является лишь одним из климатических условий существования чернозема. В числе других условий, ограничивающих распространение черноземов, находится сезонный режим, о чем сказано выше.

Отмеченные признаки гидротермического режима, присущего районам распространения черноземов (К7.2), существенны не только для формирования последних; они столь же значимы и для всех других почв, парагенетически сопряженных с черноземами: серых лесных (N7.3), серых лесных оподзоленных (Т7.3), черноземно-луговых (К7.5), солодей (Л7.3) и др. Сочетание отмеченных выше признаков гидротермического режима можно рассматривать как определенного типа биоклиматические условия (типа *D, DEIII—V*), с которыми связано формирование черноземной общности.

К указанным почвам добавим еще экологически и эволюционно связанные с ними: солонцы черноземные (В7.2), слитые черноземные (L7.2). Последние приурочены к районам, где развита глинная кора выветривания (например, Предкавказье).

С условиями зоны, относимой нами по комплексу признаков (уравновешенный водный баланс, безморозная зима и др.) к коричневоземной, и в соответствии с литературными данными относительно почв, отвечающих этим условиям (Захаров, 1924; Герасимов, 1949; Койнов, 1964 и др.), мы связываем существование в этой зоне почв: коричневых лесных (R9.3), коричневоземов (R9.2), смолниц—черных субтропических паралуговых (L9.4), темно-коричневых деградированных (Y9.2), коричневых остаточнокарбонатных (J9.3), коричнево-луговых (R9.5), коричнево-лугово-лесных (R9.6).

Области пустынь и полупустынь Евразии окаймлены на большом пространстве зоной почв каштановоземной общности. Эта зона может быть далее подразделена по термическому признаку на основную и субтропическую подзоны, в пределах которых почвы обладают некоторыми чертами своеобразия сравнительно с основными типовыми признаками. В пределах субтропической подзоны встречаются и своеобразные кустарниковые серо-коричневые почвы (R6.3).

В основном ареале каштановых почв (К6.2) с ними оказываются сопряженными солонцы сухостепные (В6.2), каштаново-луговые (К6.5), каштаново-лугово-лесные (К6.6). Для солончаков этой зоны характерно относительно повышенное содержание гипса, что можно отразить в наименовании «солончаки гипсовые»(Э6.10). Напомним, что именно к зоне каштановых почв на Кавказе приурочены так называемые «гажевые почвы», формирующиеся на грунтах, богатых гипсом, накопление которого можно объяснить былым солончаковым режимом.

В пределах Евразии достаточно широко представлены зоны желтоземной общности. Наиболее обширны они в пределах Южного Китая. При этом отметим такое своеобразие данного ареала почв желтоземной общности, как выраженные черты «тропичности», сказывающиеся, в частности, в широком распространении красноземов. Отмеченную осо-

бенность почв Южного Китая можно связать с тем обстоятельством, что здесь, в условиях муссонного климата, самая активная фаза почвообразования приходится на летний период наиболее высоких температур. Красноземы субтропиков хорошо представлены в Западной Грузии.

С желтоземами (U10.3) близко связаны красноземы субтропические (V10.3), а также почвы, обедненные железом и относительно обогащенные алюминием — желтоземоаллиты (Б10.3), желтоземно-глеевые выщелоченные (T10.6)*.

Среди зон тропического пояса Евразии характерны сухосаванновая, а также красно-буроземная с красно-коричневыми почвами (R14.3) и регурами (L14.2), по-видимому, стадийно-связанными.

Наконец, крайнее южное положение занимает влажнотропическая зона с почвами красноземной общности — тропическими красноземами, аллитлатеритами и др.

Центральная высокогорная часть Евразии не расчленена на почвенные зоны, поскольку почвы и условия их формирования здесь изучены очень слабо. На опубликованных почвенных картах в этих районах показаны горно-пустынные, горно-луговые и горно-степные почвы. Имеются указания на наличие здесь черноземов и каштановых почв (Ма Юнчжи и др., 1957). Следует допустить наличие местами коричневых почв.

В отношении почв, рассматриваемых нами как относящиеся к светлоземной и сероземной общностям, отметим, что мы считаем правильным решение узбекских почвоведов отделить светлые сероземы, как принадлежащие уже к зоне пустынь, от основного типа, а также решение киргизских почвоведов (Мамытов и др., 1966) о темном сероземе как самостоятельном типе. Серо-бурые почвы приняты за тип светлоземной (пустынной) зоны (Лобова, 1960а).

Размещение почвенных зон Евразии (рис. 42) отражает почвенно-географические закономерности первого порядка, т. е. такие, которые связаны с распределением крупных генетических сочетаний почв. Эта зональная структура выражает современную стадию формирования географической среды как единого целого. Становление и эволюция зональных черт протекают в масштабе общеземных взаимодействий, главным образом через посредство климатических связей. В пределах же каждой зоны развитие почв происходит уже в форме эволюции и смены конкретных почвенных контуров, в жизни которых фито-почвенно-климатические взаимодействия проявляются в наиболее непосредственной форме. Историко-генетические связи в данном случае не рассматриваются.

В качестве дальнейшего почвенно-географического расчленения мыслится выделение почвенных подзон и провинций.

На рис. 42 отчетливо видно также, что и сами почвенные зоны образуют определенные совокупности, дающие основания для подразделения почвенного покрова уже в другом порядке — не зональном, а фациально-областном. В почвенно-географических закономерностях этого рода ведущими становятся факторы азонального порядка, прежде всего геологическая история. Элементы структуры почвенного покрова фациально-областного порядка здесь также не обсуждаются.

Если теперь рассмотреть предлагаемую карту почвенных зон в аспекте представлений о зональных сменах, то можно заключить, что она в общем вполне отвечает этим представлениям. Но имеются и расхождения (например, уже отмеченное выше выделение в одной общей зоне дерново-подзолистых и бурых лесных почв). Однако не следует преувеличивать значение этих расхождений: они легко устраняются подразделением последующих порядков (подзоны, провинции), как это сделано на карте в отношении подзон наибольшего распространения бурых почв.

* Подробнее почвы желтоземной общности будут рассмотрены ниже при эколого-генетическом анализе почв Кавказа

Распределение генетических типов почв Евразии по почвенным общностям

Почвенные общности	Генетические типы
1	2
1. Тундровая	A1.1 — арктические пустынные T1.2 — тундроводерновые Z1.3 — тундровые глеево-подзолистые Г1.2 — тундровые поверхностно-глеевые типичные Z1.9 — тундровые торфяно-глеевые П1.9 — тундровые торфянистые (торфяных бугров)
2. Лесотундровая	Z2.3 — глеево-подзолистые T2.3 — гумусово-железистые подзолы Z2.9 — торфяно-глеевые
3. Холоднодерновая	T3.2 — холоднодерновые П3.8 — холоднолугово-торфянистые
4. Светлоземная	A4.1″ — светлоземы песчаные A4.1—3 — такырные F4.2 — светлоземы F4.3 — саксаульниковые C4.2 — серо-бурые
5. Сероземная	A5.1″ — примитивнопесчаные B5.2 — солонцы сероземные F5.2 — сероземы C5.2 — сероземно-бурые (солонцевато-осолоделые) K5.5 — сероземно-луговые K5.6 — тугайные П5.7 — иловато-болотные карбонатные Э5.10 — солончаки хлоридно-сульфатные (типичные)
6. Каштановоземная	K6.2 — каштановые B6.2 — солонцы сухостепные F6.2 — темные сероземы R6.3 — серо-коричневые M6.3 — терра-росса K6.5 — каштаново-луговые K6.6 — каштаново-лугово-лесные K6.7 — перегнойно-болотные карбонатные Э6.10 — солончаки гипсовые
7. Черноземная	K7.2 — черноземы K7.3 — темно-серые лесные N7.3 — серые лесные T7.3 — серые лесные оподзоленные B7.2 — солонцы черноземные L7.2 — слитые черноземные K7.5 — черноземно-луговые Л7.3 — солоди черноземные
8. Дерново-подзолистая	T8.3 — дерново-подзолистые W8.3 — подзолы П8.8 — торфяно-болотные J8.3 — перегнойно-карбонатные U8.3 — бурые лесные Y8.3 — бурые лесные параглеевые T8.5 — дерново-глеевые П8.7 — перегнойно-торфяные Э8.10 — квасцовые земли

Окончание табл. 49

1	2
9. Коричневоземная	K9.3 — коричневые лесные K9.2 — коричневоземы L9.4 — черные субтропические паралуговые (смолницы) Y9.2 — темно-коричневые деградированные J9.3 — коричневые остаточнокарбонатные K9.5 — коричнево-луговые K9.6 — коричнево-лугово-лесные
10. Желтоземная	U10.3 — желтоземы Б10.3 — желтоземоаллиты V10.3 — красноземы субтропические T10.6 — желтоземно-глеевые выщелоченные
11. Пустыннотропическая	A11.1″ — краснопески A11.1′ — пустыннокаменниковые (почвы гаммад) F11.2 — светлоземы пустыннотропические K11.5 — луговые пустыннотропические (гипсовоизвестковые)
12. Светло-красноземная	M12.2 — бурые субсаванновые (светло-красно-бурые) K12.5 — луговые тропической полупустыни
13. Сухосаванновая	V13.2 — красно-бурые сухосаванновые K13.5 — луговые ариднотропические K13.6 — тугайные ариднотропические Э13.10 — солончаки узар
14. Красно-буроземная	R14.3 — красно-коричневые L14.2 — черные тропические (регуры) K14.5 — луговые саванновые K14.9 — лугово-лесные тропические
15. Красноземная	V15.3 — красноземы влажнотропические Бл15.3 — аллиты латеритные V15.2 (3) — красные саванновые L15.4 — маргаллитные K 15.5 — луговые влажнотропические K15.6 — лугово-лесные влажнотропические (почвы джунглей)

Несколько сложнее обстоит дело с почвами тропических областей. Но и в этом случае большая часть почв в той или иной мере описана в нашей литературе. Таковы красноземы тропические, латериты-аллиты, рубрисоли, грунтововодные латериты, маргаллитные почвы и другие (Герасимов, 1961; Лобова, 1960; Фридланд, 1964). Может быть, требуют дополнительного разъяснения лишь черные тропические и «отбеленные» тропические почвы. В отношении черных тропических почв иногда высказывается мнение об их луговом происхождении. Однако по почвенным картам Индии, в том числе и последней (1961), ясно видно развитие черных тропических почв (известных в Индии как регуры) на обширных пространствах Деканского нагорья в условиях уравновешенного увлажнения и приуроченность их к траппам (Chhibber, 1945). Есть все основания отнести их к слитноглинному классу (L14.2). Но черные почвы влажнотропических областей, по-видимому, правильнее будет рассматривать как формирующиеся в условиях привноса веществ с поверхностными водами, содержащими, в частности, растворимую SiO_2.

Последняя ведет к ресиликации и вторичному новообразованию монтмориллонита и формированию маргаллитных почв (L15.4) (Edelman a. Schuffelen, 1948).

Сложилось так, что столь специфические для влажных тропиков почвы, как опесчаненные, не привлекали к себе должного внимания. Возможно, что в некоторых случаях их описывали как подзолистые. О подобных случаях писал Э. Добби (1952), оговаривая, что почвы эти приурочены к грубопесчанистым породам, на которых возникают, как он называет, «отбеленные» почвы (на о. Борнео и др.). Мы уже ссылались на сообщение П. С. Панина о наличии этих почв в Китае.

Итогом проведенных сопоставлений явилась таблица распределения отмеченных почв по общностям (табл. 49). Конечно, приведенными в таблице почвами не исчерпывается их типовое разнообразие на пространстве Евразии. Отмечены лишь почвы, относительно более распространенные, контуры которых можно было отразить на составленной рабочей карте и, следовательно, принять во внимание при экологических сопоставлениях. Весь же анализ имел целью определить место каждой почвы в предлагаемой классификации и показать возможность представить их в единой системе почв.

Составление таблицы имело и значение исследовательского характера, поскольку позволяло установить оправданность отнесения той или другой почвы к соответствующей классификационной группе и как бы проверить «чистоту» этих групп, необходимую однородность их по принятым признакам.

ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КАВКАЗА

Кавказ являет собой интереснейший объект для выяснения вопросов генезиса почв, закономерностей структуры почвенного покрова, который здесь исключительно разнообразен. На относительно незначительной территории встречается большая часть почвенных типов, представленных на обширных пространствах Советского Союза, здесь имеются и совершенно своеобразные почвы субтропического ряда, включая субтропические желтоземы.

Такое разнообразие почвенного покрова предопределяется, прежде всего, резко выраженной зональной сменой климатических условий, связанной с высотной амплитудой от низменностей, лежащих на уровне или даже несколько ниже Мирового океана, до горных вершин с высотами 4000—5000 *м*. Понятно, что и типы растительности дают такую же широкую смену: от субтропических пустынь и полупустынь до высокогорных лугов, торфяников и тундр, от влажносубтропических лесов до хвойных лесов и березового редколесья, обширные степные пространства. Наконец, велико здесь и разнообразие почвообразующих пород: кислые и основные изверженные породы, известняки, глинистые сланцы, всякого рода наносы и покровные суглинки. И ко всему этому — сложнейшая история геологического развития и эволюционных фито- и климатических смен.

Почвы Кавказа давно уже являются объектом пристального изучения. Напомним об экспедициях В. В. Докучаева (1899), в итоге которых был сформулирован закон вертикальной зональности почв. После В. В. Докучаева здесь работали видные его ученики С. А. Захаров, Н. А. Димо, а также С. И. Тюремнов, В. В. Акимцев, Д. П. Гедеванишвили, В. П. Смирнов-Логинов, Б. Галстян и многие другие почвоведы Грузии, Азербайджана, Армении, Северного Кавказа В результате почвенный покров Кавказа к настоящему времени оказался изученным с большой детальностью и накоплен огромнейший аналитический материал, характеризующий почвы.

Однако мы еще не имеем обобщающего труда по почвам Кавказа, остается и много дискуссионных вопросов в классификационной трактовке ряда типов почв.

Здесь предпринимается попытка, используя возможности эколого-генетического анализа, определить классификационное положение почв Кавказа и установить его основную почвенно-зональную структуру.

Мы не будем полностью рассматривать характеристику отдельных типов, учитывая, что это уже сделано в многочисленных региональных очерках (в монографиях по почвам республик и отдельных их областей). Сказанное касается данных о содержании и составе гумуса, валовом и механическом составе и составе поглощенных оснований, карбонатно-

сти и т. д. Мы принимаем, что все эти данные послужили основанием для выделения в соответствующих работах определенных таксономических единиц. Нами же они будут приниматься во внимание только в той мере, в какой это определяется потребностями эколого-генетического анализа.

Опираясь на результаты уже проведенных исследований, оказалось возможным составить систематический список почв Кавказа, который в наиболее сжатой форме отражает физическое многообразие состава почв. Затем путем последовательной генерализации составлена сводная мелкомасштабная почвенная карта, послужившая основой для анализа почвенно-региональных вопросов*.

В систематическом списке почв Кавказа, являющемся в значительной мере обобщенным, представлены преимущественно почвенные категории более высокого порядка — типового и подтипового, отражено таксономическое понимание почв исследователями отдельных областей и в большинстве своем общепринятое для почвоведов Закавказья и Северного Кавказа, хотя и существуют определенные разногласия в классификационной трактовке отдельных почв, как и по-разному понимаются генетические соотношения между ними. Приводим этот список:

Глг^{т} — горно-луговые торфянистые
Глг — горно-луговые дерновые
Глч — горно-луговые черноземовидные
Гд — горно-дерновые (горно-луговые остепненные)
Гдр — горно-дерновые давнораспахиваемые
гЧ — черноземы горные
гЧв — черноземы горные выщелоченные
гЧ$_{к}$ — черноземы горные карбонатные
Чд — черноземы деградированные
Чв — черноземы выщелоченные
Чкп — черноземы каштановые предкавказские
Чсл — черноземы слитые
Лч — черноземно-луговые
Чл — лугово-черноземовидные
Л — серые лесные
Л^{оп} — серые лесные оподзоленные
Л^{т} — темно-серые лесные
Глб^{ол} — бурые горные послелесные в стадии олуговения
Глб — бурые горно-лесные насыщенные
Глб^{н} — бурые горно-лесные ненасыщенные
Глб^{оп} — бурые горно-лесные оподзоленные
Глб^{ж} — бурые горно-лесные на желтоцветной коре выветривания
Глпк — горно-лесные перегнойно-карбонатные
Лл — лугово-лесные
Лл^{до} — лугово-лесные давноорошаемые
Кч — коричневые лесные
Кч^{пл} — коричневые послелесные
Кчд — коричневые вторичнодерновые (коричнево-черноземные)
Кч^{в} — темно-коричневые послелесные деградированные
Кчж — темно-коричневые лесные на желтоцветной коре выветривания
Кчл — коричнево-луговые
Кчсл — коричневые слитые
Кс — светло-коричневые (карбонатные)
СК — серо-коричневые
СКсл — серо-коричневые слитые
К$_{1}$ — каштановые
Квз — каштановые восточнозакавказские
К$_{2}$ — темно-каштановые
Кпс — каштановые перегнойно-сульфатные (гажевые)
К^{до} — каштановые давноорошаемые
Кл — лугово-каштановые
Лк — каштаново-луговые
См — смолницы
Ж — желтоземы
Ж^{оп} — желтоземно-подзолистые
Жпг — желтоземно-подзолисто-глеевые
Кр — красноземы
Псб — подзолистые субтропические
Ст — сероземы темные
С — сероземы
С^{до} — сероземы давноорошаемые
С^{со} — сероземы солнцевато-осолоделые (сероземно-бурые)
СБ — серо-бурые (сероземы солонцеватые)
Бпс — бурые пустынно-степные
Сск — сероземные солонцы корково-призматические
Спт — сероземы примитивные такыровидные
Сл — лугово-сероземные
Лгс — сероземно-луговые

* При составлении сводной карты использованы почвенные карты: по Азербайджану — коллектива авторов (1957); по Грузии — М. Н. Сабашвили (1957); по Армении — А. И. Читчяна (Советский Союз.., 1966); по Краснодарскому краю — А. В. Авдеевой и С. И. Тюремнова (1930), К. С. Кириченко (1953); по северному склону Кавказа — С. В. Зонна (1942) и др.

Лсск —сероземно-луговые солончаковые
Лс^{ор} —сероземно-луговые давноорошаемые
Ллт —сероземно-лугово-лесные (тугайные)
Бл^{в} —лугово-болотные выщелоченые
Бл^{к} —лугово-болотные карбонатные
Бт —торфяно-болотные
Би —иловато-болотные
Бск —болотно-солончаковые
Счк —солончаки
Пп —примитивные песчаные
Рв —каменники высокогорные
Рп —примитивные каменистые почвы

В последующем изложении мы попытаемся дать генетическое толкование выделенных типов и подтипов почв в аспекте предложенной классификации и распределить их в общей системе. Сложность стоящей задачи заключалась в том, что предстояло определить, к какой категории — типу или подтипу — относится каждый член в достаточно большом систематическом списке почв, и затем найти место принимаемого типа в классификации.

Гидротермическая зональность почв

С целью выяснения сопряженности почв Закавказья с определенными градациями тепла и влаги были составлены на основе карт средних годовых температур и годовых сумм осадков и с использованием гидротермической системы карты зон тепла (рис. 44) и зон увлажнения (рис.

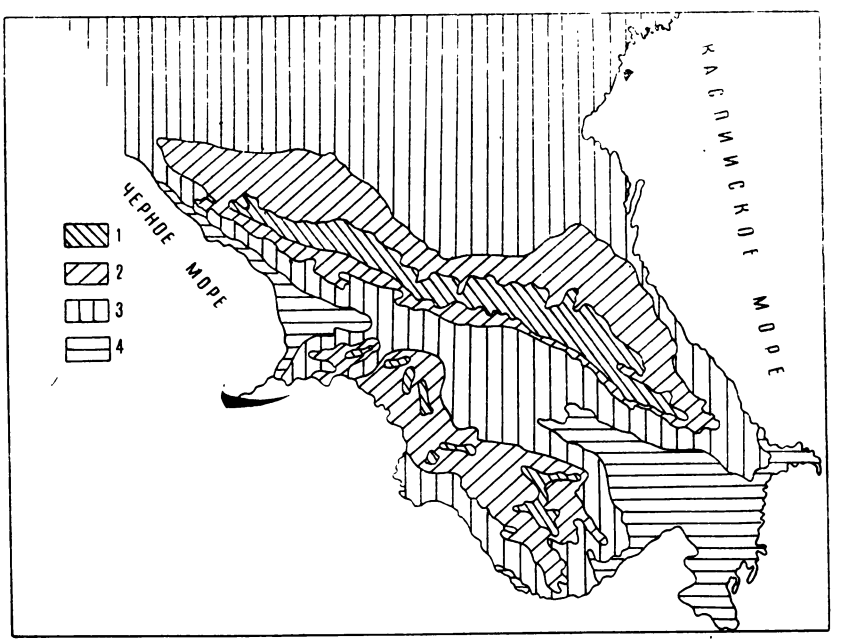


Рис. 44. Климатические зоны тепла Кавказа
1—холодная *(II—III)*; *2*—умеренно холодная *(IV)*; *3*—умеренно теплая *(V)*; *4*—субтропическая *(VI)*

45). Как видим, на пространстве Кавказа различия в условиях тепла и влаги очень значительны.

Располагая картами зон тепла и увлажнения, мы имеем возможность более целеустремленно, именно в почвенно-генетическом аспекте, оценить климатические условия существования той или другой почвы в отношении качественного значения их для почвообразования. Первым шагом в этом направлении является установление преимущественной приуроченности тех или других почв к определенной зоне тепла и увлажнения.

Накладывая карты зон тепла и увлажнения на почвенную карту и прослеживая распространение отдельных типов и подтипов почв в связи с изменением условий тепла и увлажнения, можно легко обнаружить,

что почвы того или другого типа или подтипа довольно строго приурочены к определенным зонам тепла и увлажнения. При этом принимались во внимание результаты прежних экологических проработок, выявивших особенности в содержании гумуса, извести, pH почв соответствующих зон тепла и увлажнения (Волобуев, 1963).

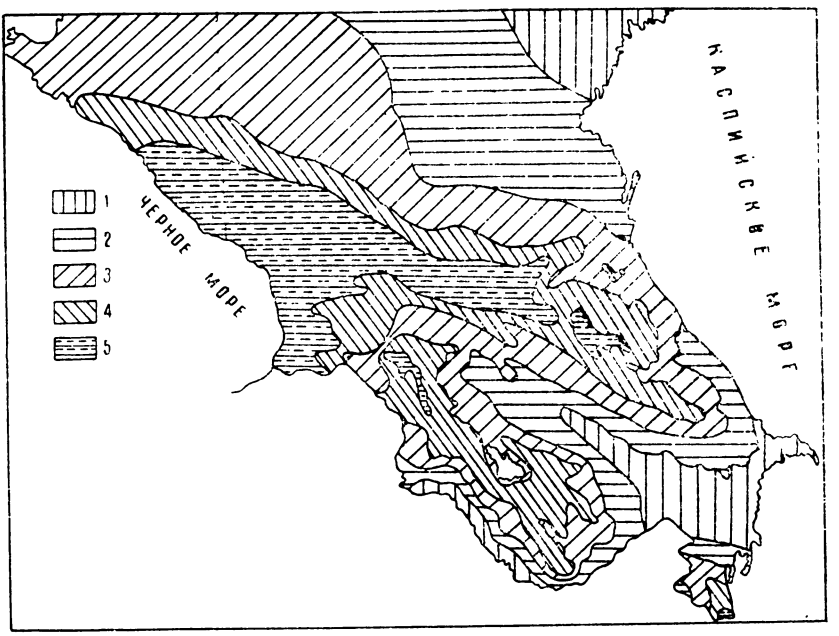


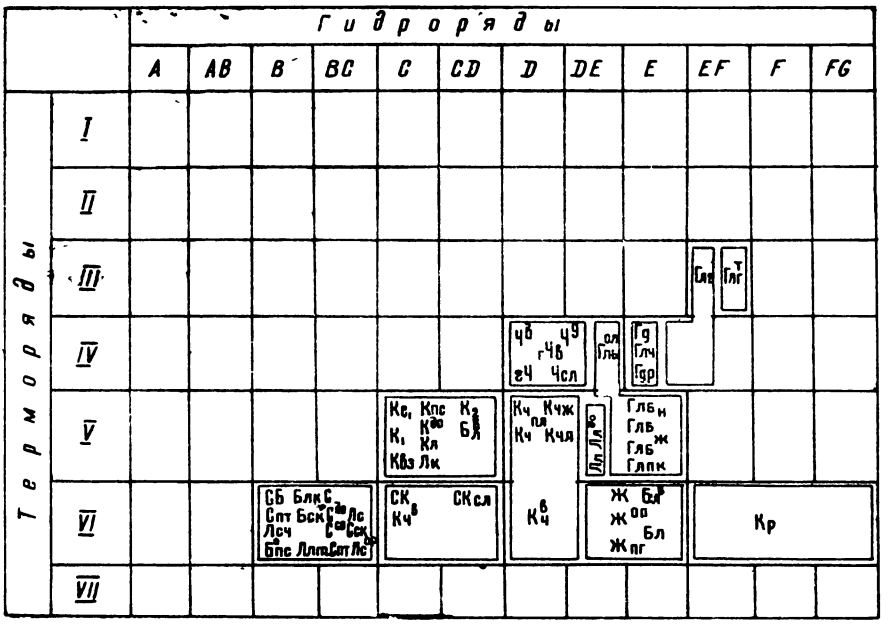
Рис. 45. Климатические зоны увлажнения Кавказа
1—сухая *B, BC* (*K*<0,41); *2*— недостаточного увлажнения *C,CD* (*K* 0,41—0,76); *3*—уравновешенного увлажнения *D,DE* (*K* 0,76—1,27); *4*—повышенного увлажнения *E*, *EF* (*K* 1,27—1,96); *5*—большого увлажнения *FG* (*K*> 1,96)

Используя как прямую, преимущественно географическую, сопряженность с определенной градацией тепла и влаги, так и характерные показатели свойств почв зон, оказалось возможным подразделить почвенное многообразие в соответствии с их связью с климатическими условиями, как это отражено в табл. 50, и затем расчленить почвенный покров на почвенные термозоны и гидрозоны (рис. 46, 47).

Простое сопоставление рис. 44, 45 с рис. 46, 47 очень наглядно показывает большое соответствие между ними. Тем самым превосходно подтверждается мысль, что использование гидротермической системы позволяет более строго интерпретировать климатические данные в почвенно-экологическом отношении.

В условиях большого количества тепла *(VI)* и наибольшего атмосферного увлажнения *(FG)* развиваются почвы Колхидской низменности, затем — Ленкоранской низменности *(EF,F)*. Весьма высоко увлажнены *(F,FG)*, но уже в холодном режиме *(III)* почвы Главного Кавказского хребта, особенно его южного склона. Почвы Малого Кавказа формируются в условиях гораздо меньшего увлажнения: гидрозоны *EF,F* представлены на относительно небольшой площади. Наибольшей сухостью *(B, BC)* характеризуются Кура-Араксинская низменность и Нахичеванская подгорная равнина, имеющие градацию увлажнения, свойственную полупустыням. Но в Кура-Араксинской низменности представлена термозона *VI* — субтропическая, а в Нахичеванской равнине— *VI* и *V* — более холодные. Зонам предгорий и низкогорий Большого и Малого Кавказа свойственно увлажнение сухостепных *(C, CD)*, степных

Характерные гидротермические условия почвенных типов и подтипов Кавказа



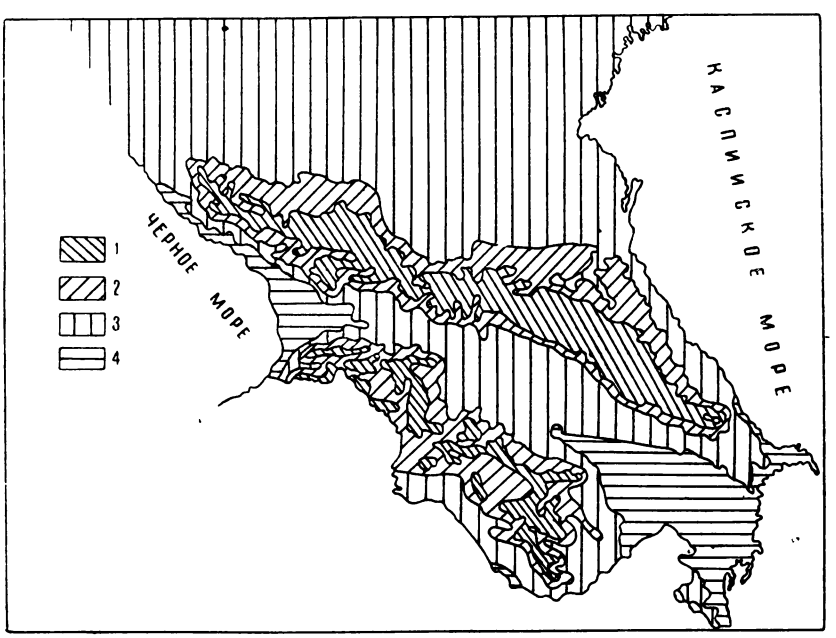


Рис. 46. Почвенные термозоны Кавказа (зоны с однокачественными тепловым режимом и увлажненностью): *1*—почвы зон тепла *II—III*; *2*—почвы зоны тепла *IV*; *3*—почвы зоны тепла *V*; *4*—почвы зоны тепла *VI*

(D) и лесостепных *(DE)* градаций. Уравновешенное увлажнение (градация *D)* особенно характерно для равнин западного Предкавказья с их обширными черноземными степями. В Закавказье же с этой зоной сопряжены лесные почвы. В зоне *DE* представлены большей частью чер-

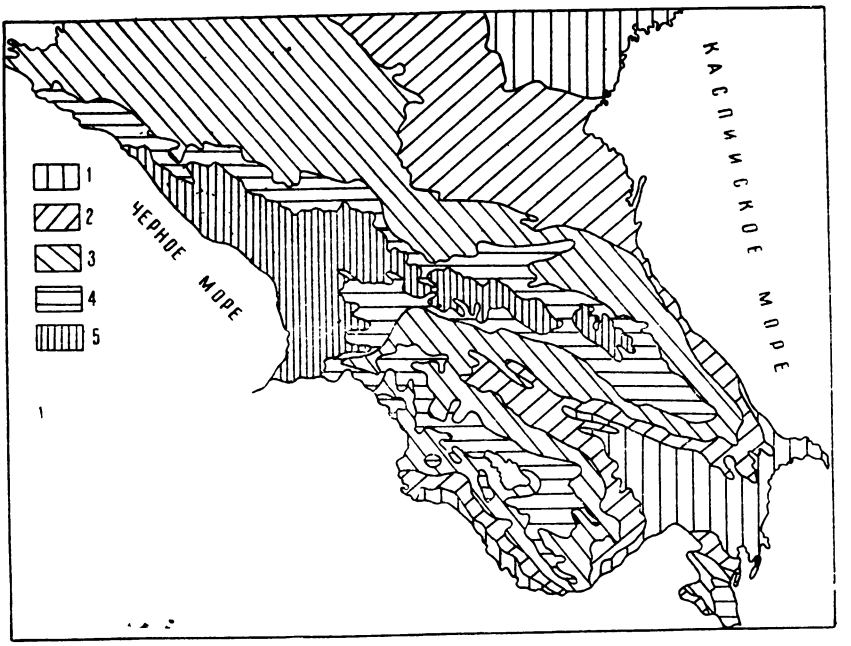


Рис. 47. Почвенные гидрозоны Кавказа

1—почвы полупустынного увлажнения *B, BC; 2*—почвы сухостепного увлажнения *C,CD*); *3*—почвы уравновешенного увлажнения *D, DE*; *4*—почвы повышенного увлажнения *F, EF, 5* —почвы большого увлажнения *F, FG*

ноземы выщелоченные и в отдельных районах серые лесные почвы (западное Предкавказье).

Последовательное аналитическое рассмотрение состава почвенного покрова Кавказа дало дополнительные сведения к характеристике его отдельных компонентов, позволило более уверенно судить о тех экологических и эволюционных связях, в каких они находятся с факторами среды и между собой. Непосредственному рассмотрению этого рода соотношения и посвящен следующий раздел эколого-генетического анализа.

Почвенные формации

Геоморфологические карты очень явственно обнаруживают преобладание в рельефе Кавказа областей двух структур: рельефа скульптурного типа и рельефа аккумулятивного. Это и понятно, поскольку Кавказ — страна горная. В областях активного горообразования развивается эрозия, и из их пределов происходит интенсивный вынос продуктов выветривания — мелкозема и растворимых веществ. В составе последних оказываются, конечно, и подвижные продукты почвообразования. Той же геологической основой создаются условия для аккумуляции продуктов сноса частью в пределах горных систем и широко—в их ближайшем равнинном окружении.

Некоторая часть сносимых веществ аккумулируется на близких расстояниях, формируя делювиальные и пролювиальные равнины, обогащенные преимущественно менее подвижными компонентами растворенных продуктов выветривания, выносимых из пределов собственно горных областей. Но главными аккумуляторами выносимых продуктов являются крупные межгорные депрессии: Кура-Араксинская низменность — на востоке, Колхидская — на западе, Алазано-Агричайская — в грабене южного склона Большого Кавказа и др. Это в значительной части аллю-

виально-аккумулятивные, аллювиально-пролювиальные равнины. В них накопились огромные массы не только наносов, но и растворимых солей. Характерными районами аккумуляции веществ служат и поймы рек, прорезающих горные массивы.

Анализ формирования рельефа позволяет разобраться и в возможном ходе почвообразования. Например, для Кура-Араксинской низменности устанавливаются районы как самых молодых почв — продуктов современного почвообразования, так и районы древнего почвообразования, где в силу коренного изменения гидрологического режима уже произошла существенная смена почвообразования (сероземно-лугового) на в корне иное (сероземное) с рядом переходных фаз, также хорошо обнаруживаемых при учете геоморфологических факторов. Так, на пространстве Кура-Араксинской низменности существуют прикаспийские террасы разного возраста, начиная с верхнехазарского до современных, обнажившихся из-под вод Каспия в 30-е годы нашего столетия (Волобуев, 1965).

Таким образом, уже рассмотрение геоморфологических данных достаточно четко показывает области, где почвообразование протекает вне влияния привноса веществ (наоборот, преобладает более или менее значимый вынос веществ), и области, где оно развивается под определяющим влиянием привноса веществ.

Наряду с геоморфологическими данными для установления почвенных формаций рассмотрены карты растительности (Магакьян, 1941; Прилипко, 1964; Кецховели, 1957; Шифферс, 1953 и др.). Они давали не только детальную картину современного растительного покрова, но содержали и ряд сведений о былом характере растительности, что служило ценным дополнением к анализу истории формирования почв.

Прямое наложение карт растительности на почвенные карты довольно легко устанавливает соответствие между ними, что позволяет заключить, под определяющим влиянием какой растительности шло формирование той или другой почвы, т. е. приблизиться к установлению почвенных формаций. Так, можно было рассматривать относящимися к дерновой формации почвы горных склонов — под альпийскими и субальпийскими злаковыми лугами, на равнинах — черноземы и каштановые, под степной растительностью — злаковые и разнотравно-злаковые степи. Принадлежащими к лесной формации рассматривались почвы горных склонов и подгорных равнин: бурые лесные — под буковыми лесами, коричневые — под дубовыми лесами.

При этом разборе выяснились и некоторые важные дополнительные сведения для правильного истолкования возможной роли растительности в формировании некоторых почв. Например, значительные пространства почв горных плато Армении, рассматриваемые некоторыми исследователями в качестве горно-луговых почв или горно-луговых черноземовидных, в прошлом находились, оказывается, под дубовыми лесами, а часть горно-луговых, располагающихся на контакте горных лугов и лесной зоны, — под березовым редколесьем, местами встречающемся и теперь; часть коричневых лесных почв ныне находится под колючекустарниковыми степями, историко-ботанический анализ дает основание рассматривать их в качестве дериватов дубово-лесной растительности (Магакьян, 1941; Гроссгейм, 1948).

В низменностях, где почвообразование протекало не только под влиянием значительного дополнительного увлажнения, но и при привносе веществ со стороны, почвы формировались или под своеобразными низинными лесами с дубом, грабом и буком, часто с вечнозеленым подлеском, или под болотистыми лесами с ольхой, под прибрежными (пойменными) лесами с белолисткой, ивой и др. Но не менее широко распространены в этих условиях и почвы под луговой («интразональной»)

Таблица 51

Распределение почв Кавказа, указанных в систематическом списке, по почвенным формациям

Почвенные формации	Почвы по списку
1. Дерновая	Глг, Сск, Ст, С, $С^{до}$, Бпс, СБ, Квз, $К_1$, $К_2$, Кпс, $К^{до}$, СКсл, гЧ, гЧв, гЧк, $Ч^{д}$, Чкп, Глч, $Глб^{ол}$ Кчсл, См (?). Кчд, $Кч^{в}$
2. Лесная	Кс,СК, Л, $Л^{оп}$, Глпк, Глб, $Глб^{ж}$, $Глб^{оп}$, Кч, Кчж, Псб, Ж, $Ж^{оп}$
3. Паралуговая	См (?)
4. Влажнолуговая	Лл, Лсск, Лгс, $Лс^{ор}$, Кл, Лк, Чл, Лч, Кчл
5. Лесолуговая	Ллт- Лл, $Лл^{до}$
6. Травяноболотная	Би, $Бл^{к}$, $Бл^{в}$
7. Торфяноболотная	Бт, $Глг^{т}$
8. Солончаковая	Бск, Счк

растительностью. Почвы, связанные с этими геоморфологическими и растительными условиями, отнесены нами к луговой, лесолуговой, лесоболотной формациям. Должны быть выделены и почвы травяноболотной формации. В низменностях восточного Закавказья много почв солончаковой формации, приуроченных к районам аккумуляции солей, которые четко выделяются специфичной солянковой растительностью.

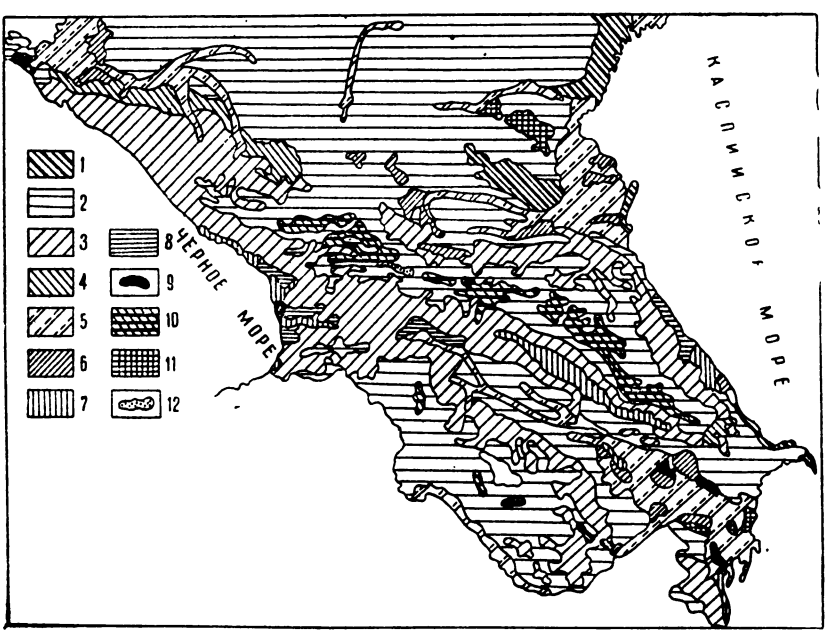


Рис. 48. Почвенные формации Кавказа (основные и переходные): *1*—примитивная, *2*—дерновая; *3*—лесная; *4*—смена лесной дерновой; *5*—луговая; *6*—луговая остепняющаяся; *7*—лесолуговая; *8*—лесолуговая остепняющаяся, *9*—болотная; *10*—торфяная (с широким участием примитивной); *11*—солончаковая; *12*—вечные снега

Совокупное использование всех отмеченных данных позволило установить принадлежность почв Кавказа к определенным формациям, что и отражено в табл. 51 и на карте (рис. 48).

Коры выветривания

При выяснении характера коры выветривания рассматриваемой области суши как субстрата почв прежде всего принимаем во внимание богатые данные по характеристике горных пород, развитых на территории Кавказа.

Наиболее распространенными почвообразующими породами здесь являются разного рода наносы и отложения, часто карбонатные (аллювиальные, пролювиальные, делювиальные и др.), «поливные суглинки» (неоэлювий), элювий и делювий осадочных пород (параэлювий); на меньшей площади вулканогенные и осадочные породы выходят непосредственно на поверхность, образуя ортоэлювий или каменистые обнажения, осыпи, лишь несколько затронутые почвообразованием.

Разбор различий в коре выветривания на территории Кавказа целесообразно начать с рассмотрения состава и распределения растворимых продуктов выветривания.

Карты засоленности почв и солевого состава свидетельствуют о ничтожном содержании легкоподвижных солей в преобладающей части почв и о наличии обширных областей их аккумуляции, локализованных в низменностях.

Для почвообразования существенное значение имеет и судьба карбонатных солей кальция. Почвы Кавказа в этом отношении очень различны. Характер этих различий хорошо может быть показан на примере Азербайджана (восточное Закавказье), для которого была составлена специальная карта содержания в почвах CO_2 извести (Волобуев, 1962а).

Содержание карбонатов в почвах Азербайджана изменяется в очень широких пределах: от ничтожного до свыше 10% в пересчете на среднее в слое 0—100 *см*. В отдельных же слоях карбонаты встречаются в значительно более высоком количестве, вплоть до вполне обызвесткованных слоев. При этом в одних случаях известковистость почв связана с формированием их на высококарбонатных породах, в других же — она является следствием аккумуляции извести из притекающих растворов.

В степени карбонатности почв Азербайджана, несмотря на сильные изменения ее даже на небольших расстояниях, наблюдаются и вполне определенные географические закономерности. Достаточно отчетливо видна общая закономерность зонального порядка — малое содержание карбонатов в собственно горных районах и все более высокое — в низменных при наибольшей карбонатности почв в некоторых подгорных районах восточного Азербайджана. Наряду с этим, даже в наиболее высокорасположенных районах, где имеются условия для интенсивного выщелачивания карбонатов, несмотря на большие различия в карбонатности почвообразующих пород, почвы в основном бедны карбонатами.

Располагая материалами по распределению легкорастворимых солей и карбонатов и используя геоморфологическую карту, можем судить о том, где карбонаты связаны с остаточной корой выветривания и где — с аккумулятивной. В частности, в Мильско-Карабахской подгорной равнине Азербайджана, образованной высокими древнекаспийскими террасами («50 *м*» и «100 *м*» уровней), весьма значительное содержание карбонатов (3—7% CO_2 в слое 0—100 *см*) сочетается с характерными лессовидными признаками почвообразующих пород. Полагаем, что все это дает основание рассматривать почвообразующие породы района в качестве аккумулятивной карбонатной коры выветривания. Обратимся далее к возможному объяснению особенностей остаточных форм коры выветривания.

Важные сведения о характере остаточной коры выветривания дают результаты валовых анализов. Просмотр большого числа анализов, от-

носящихся к почвам самых различных типов, позволяет установить, что при широком изменении содержания основных компонентов валового состава имеются и некоторые черты своеобразия, важные для понимания изменений, происходящих в составе минералов коры выветривания. Так, данные, относящиеся к почвам горно-лесной зоны, показали обогащение верхних горизонтов кремнеземом и обеднение — алюминием, особенно в слое 20—40 *см*. В содержании железа заметных изменений по профилю не обнаружено. Почвы черноземные, каштановые подгорных равнин и предгорий не обнаруживают каких-либо закономерных различий в валовом составе по профилю почв — содержание SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 в них в общем равномерно по профилю. Эти почвы в отдельных районах различаются лишь степенью карбонатности. Известное своеобразие намечается в коричневых почвах, среди которых имеются почвы с заметным обеднением слоя 0—100 *см* кремнеземом при одновременном обогащении слоя 0—50 *см* алюминием и железом. Вполне специфичные качества обнаруживает валовой состав красноземных почв западной Грузии и отчасти Ленкоранской области, в которых ясно видно обеднение их кремнеземом и обогащение полуторакисями.

Наконец, для выяснения изменений, происходящих в минеральной части почв, обратимся и к данным механического состава их, особенно содержания частиц $<0{,}001$ *мм*. Многочисленные данные механических анализов при их общем рассмотрении и сопоставлении свидетельствуют, что среди почв Кавказа отдельные типы отличаются повышенной глинистостью и обогащенностью илистой фракцией ($<0{,}001$ *мм*). К ним относятся слитые черноземы Северного Кавказа, своеобразные черноземовидные слитые почвы степного плато Азербайджана и Ширакской степи восточной Грузии, своеобразные сухостепные слитые почвы Ленкоранской подгорной равнины, коричневые лесные, бурые лесные и некоторые другие (Яковлев, 1914; Тюремнов, 1927; Сабашвили, 1948; Ковалев, 1966; Кулешов, 1967).

Совокупность отмеченных данных, а также учет системы признаков видов отдельных кор выветривания, рассмотренных в главе 6, позволили прийти к заключению, что на пространстве Кавказа представлены следующие коры выветривания: остаточные формы — 1) грубообломочная, 2) сиаллитная бескарбонатная, 3) сиаллитная карбонатная, 4) остаточноизвестковая, 5) глинная, 6) ферраллитная; аккумулятивные формы— 1) хлоридно-сульфатная, 2) обызвесткованная (облессованная), 3) сиаллитная карбонатная, 4) сиаллитная бескарбонатная.

Для обеспечения более благоприятных возможностей проведения почвенно-генетических сопоставлений распространение отдельных форм коры выветривания представлено на специально составленной карте (рис. 49). Конечно, карта эта очень обобщает (схематизирует) географическое распространение выделенных форм коры выветривания, в действительности изменчивых внутри показанных ареалов их распространения. Но составление ее не было самоцелью, полагаем, она полезна как показывающая общие закономерности в распространении отдельных форм коры выветривания, что полезно иметь в виду при более детальном почвенно-генетическом анализе.

Грубообломочная кора выветривания встречается преимущественно в высокогорной зоне; остаточная сиаллитная и глинная коры развиты в горных районах и нередко перемежаются; глинная кора выветривания в сочетании с сиаллитной широко опоясывает горные массивы Большого и Малого Кавказа, частью переходя и на равнины. Особенно широко представлена глинная кора в Ленкоранской области и в западной Грузии. С этой стадией минеральных преобразований надо связать ряд свойств таких почв, как разного рода слитые, коричневые лесные, бурые лесные, желтоземы, в которых явственно обнаруживается повышенная

оглиненность. Однако некоторая часть почв, именуемых бурыми лесными, в действительности связана с сиаллитной корой.

Совершенно закономерно следующая стадия развития коры выветривания в западной Грузии представлена ферраллитной, с которой связано наличие здесь характерных красноземов. В Ленкоранской области среди глинной коры имеем лишь переходные к ферраллитной формы. Остаточная обызвесткованная кора связана с выходящими на дневную поверхность древними осадочными известковыми породами.

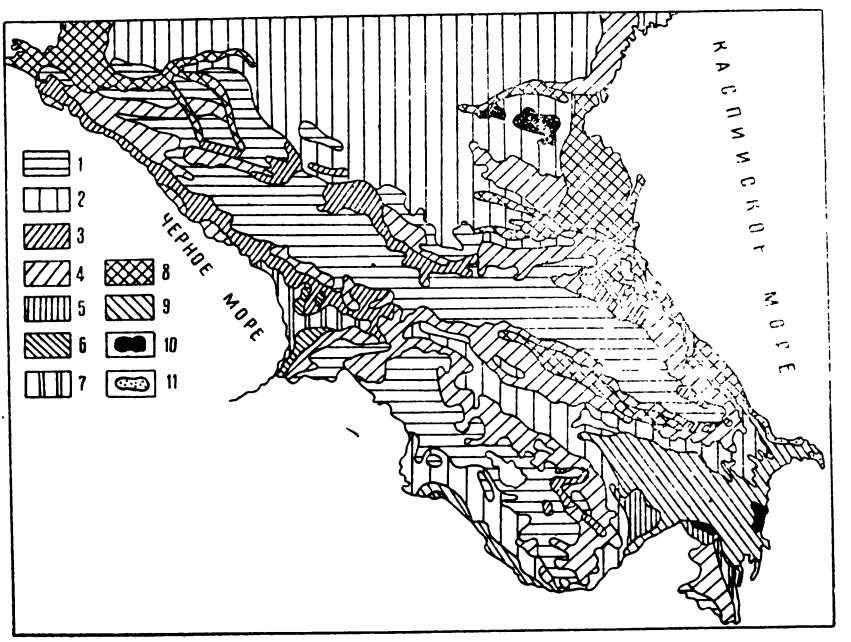


Рис. 49. Коры выветривания Кавказа: *1*—остаточная сиаллитная бескарбонатная; *2*—сиаллитная остаточнокарбонатная; *3*—элювий карбонатных пород; *4*—глинная бескарбонатная и остаточнокарбонатная; *5*—обызвесткованная облессованная; *6*—остаточноферраллитная; *7*—аккумулятивная сиаллитная бескарбонатная; *8*—аккумулятивная сиаллитная слабокарбонатная и карбонатная, *9* — сиаллитная известковоаккумулятивная; *10* — хлоридно-сульфатная; *11*—пески

Формы аккумулятивной коры выветривания отражают как сопряженность с соответствующими формами остаточной коры, так и последующие процессы ее развития. Так, хлоридно-сульфатная и обызвесткованная генетически сопряжены главным образом с остаточной сиаллитной корой выветривания, но они, несомненно, находятся и в стадийно последовательном соотношении во времени. Одновременно они обнаруживают уже и собственные последовательные стадии преобразования. Например, в наиболее древних районах низменностей (древнекаспийские террасы и др.) развивается процесс выщелачивания солей и возникают черты оглинения, обызвесткованная кора приобретает характер облессованности. Наряду с этим аккумулятивная сиаллитная кора выветривания Ленкоранской и Колхидской низменностей сложена продуктами эрозионного разрушения таких же сиаллитных, а также глинных кор выветривания горных областей. В силу геоморфологического и климатического своеобразия в них происходит привнос железа из оподзоленных почв горных областей. Последнее обнаруживается или только в относительно повышенном содержании железа (Ленкоранская низменность), или же в явлениях образования мощных ожелезненных («ортштейновых») горизонтов (Колхидская низменность).

На основе представлений об особенностях форм кор выветривания и принимая во внимание аналитические характеристики выделенных типов почв, можно попытаться установить наиболее вероятную сопряженность выделенных почв с определенными корами выветривания. Так, с остаточной сиаллитной бескарбонатной корой географически и по свойствам надо было связать горно-луговые почвы, почвы верхней подзоны лесов, относимые к бурым светлоокрашенным, черноземы выщелоченные и оподзоленные. С глинной корой очень хорошо сопряжена основная часть бурых лесных почв, коричневые, желтоземы. На элювии карбонатных пород формируются перегнойно-карбонатные горно-лесные почвы, а также так называемые горно-луговые черноземовидные. К остаточной сиаллитной слабокарбонатной и карбонатной приурочены черноземы, каштановые, бурые пустынно-степные почвы. На обызвествованной облессованной коре, а также в районах более молодых наносов, находящихся в условиях карбонатной аккумуляции, отмечаются сероземные почвы. С ферраллитной корой очень определенно связано существование красноземов западной Грузии. Здесь же на сиаллитных бескарбонатных наносах возникли субтропические оподзоленные почвы.

Типы органо-минеральных реакций

Выделенные в пределах Кавказа формы коры выветривания обладают весьма различными свойствами. Это обстоятельство не могло не сказаться самым серьезным образом на свойствах формирующихся на них почв.

Разбор органо-минеральных реакций, присущих почвам Кавказа, — задача достаточно трудная, поскольку необходимые аналитические данные очень скудны. Для наших целей необходимы в первую очередь данные группового и фракционного состава гумуса, данные валовых анализов, окислительно-восстановительных условий, состава поглощенных оснований. Но лишь последние данные относительно богаче. Разбор будем производить, исходя из ранее приведенной системы и принимая во внимание доступные аналитические данные и имеющиеся общие представления о свойствах почв. Главный смысл этой проработки — последовательное рассмотрение выделенных почв и выяснение возможных типов органо-минеральных реакций, которые присущи тем или другим почвам. Произведем ее в последовательности классификационной системы.

Примитивные почвы представлены главным образом на каменистых наносах в горах и на песках — в низменностях (тип А органо-минеральных реакций). Со щелочным типом органо-минеральных реакций (тип В) связано существование солонцов и солонцеватых почв каштановой и сероземной зон. С поглощенным натрием связано и существование карбонатных осолоделых почв, для которых характерен сиаллитно-оглиненный щелочнодеградационный тип органо-минеральных реакций (тип С). В этих почвах с поверхности обособляется слой, обедненный тонкими фракциями, глубже — слои с полуторакисями и с коллоидными пленками на поверхности структурных отдельностей (сероземно-бурые почвы).

К аккумулятивноизвестковому типу органо-минеральных реакций (тип F) есть все основания отнести сероземы Кура-Араксинской низменности (наиболее выражены в Мильской степи). Для сероземов, наряду с пониженной гумусностью, наиболее характерно протекание почвообразования в условиях устойчивого накопления карбонатов кальция (в силу климатических, геоморфологических и других причин). К гуматноизвестковому типу реакций отнесены разного рода перегнойно-карбонатные почвы (тип J).

Основные свойства черноземов, каштановых почв, понятно, связаны с сиаллитным кальциевонасыщенным типом (тип К).

В случае выраженной выщелоченности почв на сиаллитной коре выветривания они отнесены к типу сиаллитных кальциевовыщелоченных (тип N), в числе которых надо видеть серые лесные почвы Северного Кавказа; по-видимому, эти же почвы имеются и в Армении на участках, бывших в прошлом в черноземной зоне под лесами.

С сиаллитным ненасыщенным типом органо-минеральных реакций (тип Т) связано возникновение таких почв, как дерново-подзолистые и подзолы. Дерново-подзолистые почвы на Кавказе вообще не выделялись, а подзолистые давно установлены грузинскими почвоведами в Колхидской низменности, хотя некоторые исследователи оспаривают их принадлежность к подзолистым. Между тем почвы верхней зоны лесов на Кавказе во многом отвечают признакам дерново-подзолистых почв. Однако в преобладающей части они являются молодыми почвами на каменистом субстрате. Почвы же верхней кромки лесов на контакте их с горно-луговой зоной — в подзоне березового редколесья — вполне отвечают признакам дерново-подзолистых.

Что же касается подзолистых почв Колхидской низменности, то они легко занимают место среди почв сиаллитного ненасыщенного органо-минерального типа как развитые на относительно молодых аллювиальных наносах субтропической зоны, отвечающих сиаллитной фазе минеральных преобразований.

Свойства таких почв, как черноземы слитые, серо-коричневые слитые, коричневые лесные, бурые лесные, желтоземы, можно понять более полно, если принять во внимание их связь с глинной корой выветривания. Для всех названных почв характерны выраженная роль тонкодисперсной фазы, определяющей сильное развитие поверхностных реакций в почве, затрудненный внутренний дренаж, особо благоприятные возможности для перемещения тонкодисперсной части почв по профилю в связи с большим количеством в почве тонких взвесей, коллоидальных образований. Обнаруживаются, однако, и большие различия в зависимости от характера гуматной части, отражающейся и в составе поглощенных оснований. На первой, более «щелочной», стадии возникают почвы, которые можно определить как собственно слитые, их мы связываем со слитноглинным типом (тип L). При более фульватном составе гумуса формируются коричневые почвы (тип R), а при несколько большей обедненности основаниями — бурые лесные почвы и желтоземы (тип U).

В связи с затрудненным внутренним дренажем в почвах, сопряженных с глинной корой выветривания, в них легко возникают переувлажнение и связанные с ним явления. С глинно-глеевыми насыщенными реакциями (тип Y) следует сопоставить коричневые деградированные почвы, а с ненасыщенными (тип Г) — бурые лесные параподзолистые и желтоземно-подзолистоглеевые почвы.

С ферритным ненасыщенным типом органо-минеральных реакций (тип V), очевидно, должны быть связаны красноземы субтропические. Среди желтоземов Ленкоранской области есть также почвы, весьма обедненные железом и обогащенные алюминием, иногда выделявшиеся под наименованием «желтоземных глубокооподзоленных». Полагаем, что их следует относить к аллитному типу органо-минеральных реакций (тип Б).

Наконец, встречающиеся во многих местах болотные почвы должны быть связаны с органо-минеральными реакциями типа П.

Таким образом, имея в виду характерные особенности выделенных типов органо-минеральных реакций и принимая во внимание данные и представления о свойствах тех или других почв, можно заключить, что в формировании почв Кавказа имеют значение следующие 17 типов

органо-минеральных реакций: примитивный (А), щелочной (В), сиаллитно-оглиненный щелочнодеградационный (С), аккумулятивноизвестковый (F), гуматноизвестковый (J), сиаллитный кальциевонасыщенный (К), сиаллитный кальциевовыщелоченный (N), сиаллитный ненасыщенный (Т), слитноглинный (L), глинный насыщенный (R), глинный ненасыщенный (U), глинно-глеевый насыщенный (Y), глинно-глеевый ненасыщенный (Г), ферритный ненасыщеный (V), аллитный (Б), грубогумусово-торфянистый (П), солончаковый (Э).

Таблица 52

Распределение почв Кавказа, указанных в систематическом списке, по типам органо-минеральных реакций

Тип органо-минеральных реакций	Почвы по списку
А. Примитивный	Спт
В. Щелочной	Сск
С. Сиаллитно-оглиненный щелочнодеградационный	$С^{со}$
F. Аккумулятивноизвестковый	С, $С^{до}$, Квз, Ст, Кс
J. Гуматноизвестковый	Глпк
К. Сиаллитный кальциевонасыщенный	Бпс, СБ, Сл, Лс, Лгс, $Лс^{ор}$, Лгт, $К_1$, $К_2$, Кпс, $К^{до}$, Кл, Лк, гЧ, гЧв, гЧк, $Ч^{д}$, $Ч^{в}$, Чкп, Чл, Лч, Лл, $Лл^{до}$
N. Сиаллитный кальциевовыщелоченный	Л, Глч
Т. Сиаллитный ненасыщенный	Глг, $Л^{оп}$, $Глб^{оп}$, Псб, $Бл^{в}$
L. Слитноглинный	СКсл, Кчсл, См
R. Глинный насыщенный	СК, Кчд, Кч, Кчж, Кчл
U. Глинный ненасыщенный	Глб, $Глб^{ж}$, Ж
Y. Глинно-глеевый насыщенный	$Кч^{в}$
Г. Глинно-глеевый ненасыщенный	$Глб^{оп}$, $Ж^{оп}$
V. Ферритный ненасыщенный	Кр
Б. Аллитный	($Ж^{оп}$)
П. Грубогумусово-торфянистый	$Глг^{т}$, $Бл^{к}$, Бт
Э. Солончаковый	Счк

В соответствии с намеченными выше вероятными типами органо-минеральных реакций отдельных типов почв дано и их распределение в табл. 52.

Генетические соотношения

В пределах наиболее высоких зон горных образований Большого и Малого Кавказа мы встречаемся с условиями, относимыми по тепловым показателям к термозоне *II* — холодной и частью термозоне *III* — умеренно холодной. Но, по-видимому, эти условия не являются экстремальными для Кавказа. Есть основания для наиболее высоких горных частей допустить наличие термозоны *I*, в пределах основного распространения которой представлена арктическая тундра.

Однако в литературе по почвам Кавказа лишь в старых работах можно найти указания на «тундровые» почвы. Так, С. А. Захаров (1926) выделил и описал горно-тундровую зону в пределах Главного Кавказского хребта на высотах более 3000 *м*. Но в более поздней работе о тундровой зоне он уже вообще не упоминает и, очевидно, заменяет ее зонами «нивальной» и «скалистой» (Захаров, 1934).

Между тем в работе Б. А. Клопотовского (1948) мы находим детальное описание на вершинах конуса г. Арагац (Армения) таких специфических тундровых образований, как «каменные кольца», со всеми их характерными чертами. В частности, в середине «колец» встречаются

вспученные комья мелкозема, при раскопке обнаружен глинисто-песчано-щебневый материал, увлажненный до почти мокрого состояния. Аналогичные образования описаны на г. Эльбрус (Коновалов, 1935).

Таким образом, учет экологической обстановки позволяет рассматривать отмеченные выше фрагментарно встречающиеся образования в качестве представителей почв тундровой общности на Кавказе, отнеся их к классу Z — сиаллитному глеевому ненасыщенному и к типу тундровых глеевых — Z1.2.

По-видимому, в составе этой же общности мы должны рассматривать и горно-луговые торфянистые маломощно-щебневатые почвы, залегающие в высокогорной зоне Большого Кавказа отдельными пятнами среди скал и каменистых осыпей, местами — с пятнами горных болот (Зонн, 1942), которые определим как тундровые торфянистые (П1.9). Особо надо отметить широкое распространение здесь примитивных щебнистых почв, отражающих самые начальные фазы почвообразования. Развитие их предопределено суровостью гидротермических условий. Это — почвы А1.2.

В пределах горных образований Большого и Малого Кавказа широко представлена термозона II, сочетающаяся с термозоной III, они преимущественно высокоувлажненные — *EF, F, FG*. Эти климатические условия характерны для почв холоднодерновой общности. Действительно, все исследователи выделяют здесь зону субальпийских высокотравных лугов, а почвоведы — горно-луговые почвы, впервые описанные С. А. Захаровым (1914) в качестве своеобразных горных почв. Мы считаем возможным сблизить их с дерновыми почвами субарктики. Правда, увлажнение в наших условиях выше, чем в районах распространения аналогичных почв субарктики. Но можно допустить, что при более высоком «климатическом» увлажнении местные условия стока и дренажа способствуют снижению фактического увлажнения. За отнесение горно-луговых почв к холоднодерновой общности говорит и встречающееся местами в нижней полосе этой зоны березовое редколесье.

Основными почвами холоднодерновой зоны Кавказа надо признать холоднодерновые (горно-луговые) — Т3.2 и холоднолугово-торфянистые (горно-лугово-торфянистые) — П3.9. Последние приурочены к участкам с местным скоплением влаги в связи с условиями рельефа или литологией (Захаров, 1914; Сабашвили, 1948; Зонн, 1950; Алиев, 1953; Салаев, 1966).

Почвы под зарослями рододендрона, описываемые некоторыми авторами под наименованием лугово-лесных скрытооподзоленных, также являются генетически важным компонентом почвенного покрова рассматриваемых высокогорий. Близки к ним почвы, встречающиеся под березовым редколесьем, но они более гумусные и с не всегда выраженными признаками оподзоливания. Почвы под зарослями рододендрона и березовым редколесьем выделяем в качестве типа холоднолугово-лесных слабооподзоленных — Т3.3.

Горно-луговые почвы на большем протяжении своей нижней границы переходят в зону распространения сложной группы почв в составе: горно-луговых черноземовидных, горно-дерновых, горно-дерновых давнораспахиваемых, бурых горно-лесных оподзоленных, лесных светло-бурых (скрытооподзоленные), бурых горно-лесных насыщенных, бурых горно-лесных лессивированных (псевдоподзолистые), бурых горно-лесных на желтоцветной коре выветривания, горно-лесных перегнойно-карбонатных. Эти почвы располагаются примерно на высоте 700—2200 *м*.

Генетическая природа перечисленных почв не всегда ясна. Общим для группы является прежде всего их совместное залегание: они большей частью сменяют одна другую, зачастую на самых незначительных расстояниях, главным образом в связи со сменой условий рельефа или

почвообразующих пород, или же служат переходными звеньями к смежным зонам. Общим также является залегание в сходных климатических условиях — в условиях гидротермотипов *EIV, EV, DEIV, DEV*. Климатические условия *EIV, EV* характерны для дерново-подзолистой почвенной общности. Наличие описываемых почв в условиях *DEIV, DEV* — «лесостепных» — может отражать эволюционные смены почв или быть следствием известной схематичности климатических данных.

Климатические условия *DEV*, характерные для большей части описываемых почв, определяют формирование более «южных» компонентов дерново-подзолистой общности, главным образом бурых лесных почв. Особо должна быть отмечена приуроченность светлых бурых лесных почв, располагающихся в более высокой зоне, чем другие подтипы бурых почв, к условиям *EIV*, т. е. типичным для областей распространения собственно дерново-подзолистых почв. К этим же климатическим условиям приурочены и горно-луговые черноземовидные почвы.

Далее разберем генетические соотношения уже между отдельными компонентами рассматриваемой группы. Остановимся на почвах лесного генезиса.

В возникновении подтиповых различий бурых лесных почв особенно ощутимо проявляется роль почвообразующих пород. На Большом Кавказе основное значение имеют юрские и меловые осадочные породы (бескарбонатные сланцы, известняки, мергели), на Малом Кавказе — вулканические: базальты, порфириты, гранодиориты, а также осадочные мергелистые известняки; в Талышских горах бурые лесные почвы формируются на осадочных и туфогенных породах.

В большинстве подтипов бурых лесных почв в гор. В наблюдается высокая оглиненность. Бурые лесные почвы, за исключением остаточно-карбонатных, выщелочены от карбонатов, хотя и могут иметь выделения извести в гор. С. Реакция их нейтральная или слабокислая. Лишь для бурых лесных почв, выделяемых как «оподзоленные», характерна осветленность гор. A_2, полная выщелоченность профиля от карбонатов, сильнокислая реакция, передвижение полуторных окислов.

Бурые лесные оподзоленные почвы преимущественно приурочены к наиболее высокой (т. е. наиболее холодной) зоне, являющейся основной зоной распространения почв, выделявшихся под наименованием светло-бурых скрытоподзолистых светлоокрашенных лесных, оподзоленных бурых лесных верхнего пояса лесов (Захаров, 1936; Вознесенский, 1935; Сабашвили, 1957). Почвы с характерными чертами оподзоливания в профиле описаны под еловыми лесами северо-западного Кавказа (Зонн, 1950).

Бурые лесные оподзоленные и скрытоподзолистые (кислые, но без выраженных в профиле подзолистых признаков) почвы зачастую оказываются в контакте с горно-луговыми черноземовидными и послелесными олуговелыми. Все это дает основания рассматривать их относящимися к типу дерново-подзолистых почв, отделив от бурых лесных. Среди бурых лесных же целесообразно различать темно-бурые лесные, бурые насыщенные, частью лессивированные и выщелоченные бурые лесные параподзолистые. Следует помнить, что бурые лесные почвы связаны с глинной корой выветривания, тогда как дерново-подзолистые — с сиаллитной корой.

Почвы, рассматриваемые как послелесные олуговелые, по-видимому, следует отнести к дерновым дерново-подзолистой общности. При наличии известковых пород дерновые почвы приобретают черты черноземных и выделяются под названием черноземовидных. Почвы, выделяемые в Азербайджане как лугово-степные, мы склонны рассматривать сформировавшимися на месте бурых лесных почв после сведения лесов.

Горно-лесные перегнойно-карбонатные почвы являются типом, сопряженным со специфическими породами, и при своем развитии могут

сменяться или бурыми лесными остаточнокарбонатными, или дерновыми черноземовидными — в зависимости от растительной формации.

Бурые лесные почвы на желтоцветной коре выветривания, хотя также связаны с особенностями почвообразующих пород, не представляют собой самостоятельного типа — этот подтип бурых лесных почв. Однако пока неясно, является ли наличие желтоцветной коры выветривания следствием древности коры выветривания или же последняя — признак переходного характера данного почвенного подтипа, обладающего признаками, сближающими его с желтоземами. Климатические условия дают основание принять последнее допущение.

Итак, рассмотренная группа оказывается представленной эволюционно или экологически связанными почвами, относящимися к дерново-подзолистой общности. Здесь мы различаем следующие типы почв: дерново-подзолистые — T8.3; темно-бурые лесные (насыщенные) — R8.3; бурые лесные — U8.3, бурые лесные параподзолистые — Г8.3; лугово-дерновые — T8.2; лугово-черноземовидные — N8.2; лугово-послелесные — U8.3(2); перегнойно-карбонатные — J8.3.

Черноземы Кавказа в своем распределении очень хорошо следуют гидротермическим условиям *D, DEIV, V,* т. е. уравновешенному увлажнению теплых областей. Эта сопряженность особенно хорошо обнаруживается на обширных равнинах западного Предкавказья, а также на территории Армении. На территории Азербайджана черноземы не образуют самостоятельной зоны и располагаются как бы в форме зональных фрагментов — отдельными крупными массивами, но всегда в климатических условиях, отвечающих черноземному типу — *D, DEIV, V.* Переход гидрозон *D, DE* в более теплые условия *VI* — субтропические — сопровождается качественной сменой направления почвообразования: формированием почв коричневоземной общности, рассматриваемых несколько ниже.

Черноземы представлены несколькими подтипами (карбонатные, выщелоченные, деградированные, оподзоленные), наличие которых обусловлено совокупностью ряда факторов. Так, выщелоченные черноземы приурочены преимущественно к более увлажненным условиям — гидрозоне *DE,* но почвообразующие породы, должно быть, относительно небогаты карбонатами. Несомненно, обнаруживается и то обстоятельство, что в прошлом леса были распространены гораздо шире и известная часть черноземов ныне развита на некогда лесных землях или подвергалась воздействию леса. Концепция послелесного генезиса черноземов особенно была развита в отношении черноземов Армении (Мириманян, 1940).

Географически и эволюционно сопряжены с черноземами серые лесные почвы. На территории республик Закавказья они не занимают больших массивов, но широко представлены в пределах предгорий северного склона Кавказа (Зонн, 1950; Кириченко, 1953). Среди них имеются подтипы — темно-серые лесные и серые лесные оподзоленные. Возможно, первые являются вторичными почвами, возникшими на былых черноземах, после поселения на них широколиственных лесов, тогда как вторые — почвы собственно широколиственных лесов гидрозоны *DE.*

Наконец, весьма своеобразным компонентом почвенного покрова, соседствующим с черноземами и серыми лесными, являются почвы со специфическими качествами — слитые черноземы (Яковлев, 1914). В отношении природы и происхождения этих почв высказывались разные точки зрения, однако всегда исключалась солонцеватость (Неговелов, 1927; Захаров, 1935; Зонн, 1950). Автор объясняет особенности этих почв сопряженностью их с глинной фазой минеральных преобразований. Поселение в прошлом на черноземах широколиственных лесов могло ускорить развитие глинной формы коры выветривания.

В поймах рек черноземной зоны на обширных прикубанских плав-

нях и примыкающих к ним пространствах широко распространены болотные торфянистые и гумусово-глеевые, лугово-болотные и луговые почвы. Многие из них несут следы былого лугового генезиса (Иозефович, 1931).

Наконец, небольшими участками среди черноземных степей или же на границе с плавневыми почвами встречаются солонцы. Характерный солонцовый горизонт хорошо выделяется темной окраской, слитостью и крупными трещинами, в сухом состоянии создающими глыбистость. Во влажном состоянии почвы сильно набухают, превращаясь в вязкую, почти совершенно водонепроницаемую массу (Кириченко, 1953).

Все эти почвы мы считаем необходимым рассматривать относящимися к черноземной общности, в составе которой различаем следующие типы почв: черноземы — К7.2; слитые черноземные — L7.2; серые лесные — N7.3; серые лесные оподзоленные — Т7.3; черноземно-луговые — К7.5; перегнойно-лесные — ПТ.7; плавневые торфяники — П7.9; черноземные солонцы — В7.2.

Еще дальше от центра горных возвышенностей, на более низких отметках, чем почвы зоны бурых горно-лесных почв, и примерно на тех же высотах, что и черноземы, находится зона, в пределах которой обычны сочетания следующих почв: коричневых (типичные), желто-коричневых, коричневых послелесных, коричневых слитых, желтоцветных слитых, серо-коричневых деградированных, коричневых черноземовидных (черноземные почвы), лугово-коричневых, лугово-лесных, лугово-лесных давноорошаемых. Располагаются они на высотах 500 (600)—1200 (1300 *м*) над ур. м.

Все эти почвы, как и в случае предыдущих зон, встречаются совместно, конечно, в разных сочетаниях, и между ними можно установить последовательные переходы.

Общими для почв являются и однотипные климатические условия: все они залегают в основном в зоне *DV*, частью в зонах *DEV* и *CDV*. Но гидротермотипы *DV* и *DEV* характерны для почв черноземной общности. В рассматриваемой же группе черноземы в их типичном виде не представлены. Причину расхождения можно видеть в том, что в данном случае климатические условия, относимые к *DV* и *DEV*, имеют существенное отличие от типично черноземных — мягкую маломорозную зиму, что накладывает специфические черты на почвообразование, обусловливая ряд качеств, присущих уже субтропическому почвообразованию.

Действительно, почвы, развитые здесь, приурочены к районам глинной коры выветривания и обладают такими характерными чертами, как глубокое разрушение первичных минералов с потерей части оснований и с выраженным глинообразованием, обусловливающим, в частности, их повышенную емкость поглощения. Содержание гумуса ниже, чем в черноземах, что вместе с выщелоченностью щелочноземельных оснований и высокой глинистостью делает их структуру малопрочной, почвы приобретают склонность к слитости, набухаемости во влажном состоянии и трещиноватости — в сухом.

Коричневые почвы представлены рядом подтипов, отражающих стадии развития данного типа почвообразования (коричневые — выщелоченные—слитые) или смены лесных формаций (послелесные, лугово-лесные).

Особо остановимся на почвах, отнесенных в некоторых случаях к черноземам послелесным, но которые можно скорее рассматривать в качестве коричневых вторичнодерновых. Подобных почв много, в частности, в Азербайджане на Степном плато. Наряду с этим, однако, нет причин, исключавших бы возникновение в коричневоземной общности почв собственно дерновой формации. Действительно, на степных равнинах восточной Грузии широко распространены мощные весьма темно-

цветные почвы, часто с хорошо выраженной комковатой структурой и профилем, подобным черноземному. Их специфические отличия — особо высокая оглиненность (50—60% ила), большая склонность к слитости, при весьма большой темноцветности содержание гумуса несоразмерно пониженное. Все это дало основание исследователям, описавшим рассмотренные почвы, назвать их, в отличие от черноземов, «черноземными почвами» (Сабашвили, Джикаева, 1966; Саникидзе, 1940). Наконец, на своеобразие этих почв указывает и наличие среди них особых слитых темноцветных почв, приуроченных к плоским депрессиям или шлейфам склонов и подобных смолницам (Сабашвили, Джикаева, 1966). Мы полагаем возможным эти «коричневые черноземовидные» почвы выделить в особый тип коричневоземов как субтропических аналогов черноземов.

Еще С. И. Тюремнов (1927) отметил сходство и отличия существующих здесь слитых почв и слитых черноземов западного Предкавказья. Первые можно рассматривать как коричневые послелесные или коричневоземы с крайне проявившимися глинными свойствами, т. е. как более продвинувшуюся стадию развития «глинных» свойств. В свою очередь, эти почвы эволюционно связаны с серо-коричневыми деградированными, несущими следы сезонного оглеения.

Лугово-коричневые и лугово-лесные почвы, развитые под низинными лесами межгорных долин (Алазанская, Агричайская и др.), обладают признаками, позволяющими обособить их от луговых и лугово-лесных других зон. Отличия видны в повышенной глинистости, относительно большой гумусности и др. Среди них имеются также разности, которые представляют собой хорошо прослеживаемые переходы от этих почв к собственно коричневым или коричнево-дерновым (коричневоземы): например, лугово-коричневые почвы высоких речных террас р. Алазани.

Сказанное выше дает основание видеть в зоне распространения почв коричневоземной общности следующие генетические типы почв: коричневые лесные — R9.3, коричневоземы — R9.2, коричневоземы слитые — L9.2(3), темно-коричневые деградированные — Y9.2, черные субтропические паралуговые (смолницы) — L9.4, коричнево-луговые — R9.5, коричнево-лугово-лесные — R9.6.

В зоне низких гор, предгорий и подгорных равнин, на равнинах Предкавказья распространены следующие почвы: каштановые, темно-каштановые, каштановые восточнозакавказские (темные сероземы), каштановые перегнойно-сульфатные, каштановые давноорошаемые, каштаново-луговые, лугово-каштановые, коричневые аридноредколесьевые (светло-коричневые), серо-коричневые, серо-коричневые слитые.

Как и в предыдущих зонах, перечисленные почвы встречаются совместно и залегают в экологически сходных климатических условиях, относимых к гидротермотипам: *CV, CDV, CVI, CDVI.* Основная часть названных выше почв приурочена к климатической зоне *CV—CDV,* т. е. к гидротермическим условиям, характерным для почв каштановоземной общности, что и находит отражение в широком развитии каштановых почв, особенно на степных равнинах Кубани и Дона (темно-каштановые и каштановые). Гидротермические условия *CVI—CDVI* тоже «каштановоземные», но в известной мере своеобразны; они являются субтропическими, что в некоторых случаях может внести черты отличия и в почвообразование.

Черты «субтропичности» можно видеть прежде всего в более интенсивном течении процессов почвообразования. В ряде случаев это обнаруживается в обогащенности почв освобожденными при выветривании карбонатами, почвы оказываются повышенно обызвесткованными, облессованными. Активный биогидротермический режим приводит к большой мобильности карбонатов, к перераспределению их по почвенному профилю в форме мицеллярных выделений. Это дает основание

сблизить почвы, выделявшиеся как каштановые восточнозакавказские, развитые на лессовидных суглинках, с темными сероземами Средней Азии.

В Кура-Араксинской низменности почвы, которые мы в настоящее время предлагаем относить к темным сероземам, оказываются приуроченными к климатическим условиям *CVI*, т. е. сухостепным субтропическим. В более продвинувшихся стадиях выветривания почвы оказываются оглиненными. Именно с этим процессом мыслится связанным формирование серо-коричневых почв.

В условиях, благоприятствующих выносу карбонатов, например, под воздействием кустарниковой растительности, так же как и при длительности почвообразования, все более проявляются «глинные» признаки, почвы приобретают черты нового типа — серо-коричневых, главные свойства которых сопряжены именно с глинной фазой минеральных преобразований и, следовательно, с глинным типом органо-минеральных реакций (повышенные илистость и емкость поглощения и др.).

Наряду с почвами, связанными в своем развитии с сухостепной растительностью, в предгорьях Грузии и Азербайджана существуют не менее характерные образования, обусловленные участием особой аридной растительности (фисташник, арча и др.), — это светло-коричневые ариднолесные почвы.

Вместе с луговыми почвами зоны каштановых почв, формирующимися в условиях пойменного режима увлажнения (поверхностного и грунтового сезонно повышенного), широко представлены еще луговатые почвы шлейфовых участков подгорных равнин, отличающиеся несколько повышенной гумусностью и растянутостью гумусового и карбонатного профиля, неблагоприятными агрофизическими свойствами.

Среди каштановых почв Сальских степей нередко в комплексе появляются степные солонцы, а в поймах рек — и луговые солонцы.

Представляется необходимым различать в зонах распространения сочетаний почв каштановоземной общности следующие типы: темные сероземы — F6.2, каштановые — K6.2, серо-коричневые (серо-каштановые) — R6.3, серо-коричневые слитые — L6.2, светло-коричневые (аридноредколесьевые) — F6.3, каштаново-луговые — K6.5, солонцы сухостепные и луговые — B6.2,5.

В пределах полупустынных равнин и низменностей, в частности, в полупустынных степях Прикаспия, в обширной Кура-Араксинской низменности, в приараксинских наклонных равнинах распространены разнообразные сочетания из сероземов, сероземов примитивных (частью такыровидных), сероземов давноорошаемых, солонцов, сероземов солонцевато-осолоделых, бурых пустынно-степных, серо-бурых, сероземно-луговых, сероземно-лугово-лесных, лугово-сероземных, лугово-болотных, болотных почв, солончаков. Вся эта группа почв развивается в наиболее засушливых условиях *BCV, BV*, характерных для районов распространения бурых почв Прикаспия, и *BCVI, BVI* — для сероземов Средней Азии, т. е. в условиях, обычных для почв сероземной общности.

Генетические связи для большинства перечисленных почв хорошо выявлены и лишь частью требуют дополнительного выяснения.

Сероземы распространены на относительно небольшой площади. Свои наиболее выраженные черты они приобретают лишь в районах распространения лессовидных суглинков (например, в Мильской степи). Описываемые сероземы несколько отличаются от типичных сероземов Средней Азии большей выраженностью оглинения (Розанов, 1951). Целесообразно рассматривать их в качестве подтипа, назвав «сероземы восточнозакавказские». Сероземы Мильской степи по мере повышения наклонной равнины к горам Малого Кавказа и в холмистых предгорьях переходят в темные сероземы.

Примитивные сероземы широко распространены на относительно свежих делювиальных и пролювиальных наносах, переживающих фазу аккумулятивного обызвесткования.

С районами распространения сиаллитной коры выветривания, для которой вторичная аккумуляция извести не характерна и обычно отмечается более пониженное содержание карбонатов (в силу литологических, геоморфологических и климатических факторов), мы связываем распространение бурых пустынно-степных почв Прикаспия и равнин Армении. Они залегают в тех же условиях малого увлажнения, что и сероземы *(B, BC)*, но преимущественно в термозоне *V*. Пониженная интенсивность биологического круговорота в сравнении с термозоной *VI* — основной для сероземов — может быть одним из существенных факторов до некоторой степени пониженной обызвесткованности бурых пустынно-степных почв.

Относительно пониженной обызвесткованностью, присущей сиаллитной коре выветривания, объясняется значительное распространение солонцеватых почв и солонцов именно среди бурых почв. Среди сероземов солонцы приурочены к выходам соленосных пород и сероземно-луговым почвам, переживавшим в прошлом стадию солончакового засоления.

В этих случаях, когда почвообразование длительное время протекало при участии поглощенного натрия, например, в условиях постоянного биологического привноса солей натрия или обработки почв притекающими слабыми солевыми растворами (например, делювиальными водами), формируются почвы с характерным хорошо дифференцированным профилем (с осветленным верхним горизонтом и плотным бурым гор. В). Они отнесены нами к типу сероземов солонцевато-осолоделых (сероземно-бурые).

Особо остановимся на почвах, чаще всего выделяемых как серо-бурые, а также на такыровидных. Серо-бурые почвы и такыры, как известно, относятся к пустынным образованиям, тогда как на равнинах Кавказа подобная зона не выделяется. Однако крайне восточная низменная полоса вдоль Каспия все же отличается особенной сухостью (приближается к гидрозоне *AB*). Это и может объяснить наличие на Апшероне, в приалятской полосе, в юго-восточной Ширвани почв, близко отвечающих описаниям серо-бурых и такыровидных. Их, очевидно, надо рассматривать в качестве фрагментарных подтипов, являющихся переходными к почвам более сухой зоны — пустынной общности. Почвы же более увлажненных зон *(B, BC)*, относимые к серо-бурым, правильнее будет воспринимать как относительно молодые сероземы солонцеватые, формирующиеся по типу сероземно-бурых (сероземы солонцевато-осолоделые).

В пределах низменных равнин Закавказья, в Прикаспийской низменности широко распространены сероземно-луговые почвы, различающиеся степенью гумусности, карбонатности или свойствами, обусловленными почвообразующими породами. Среди них хорошо выражены также эволюционные переходы в связи с существованием разновозрастных генераций аллювиальных и пролювиальных равнин. Почвы, отвечающие стадии остепнения луговых почв, выделены под названием лугово-сероземных (подтип сероземно-луговых).

Близки к сероземно-луговым почвы, формирующиеся под тугайной растительностью. Это — сероземно-лугово-лесные, или тугайные, почвы.

Длительное орошение в ряде мест придало сероземным почвам специфические черты, дающие основание выделять такие почвы в ранге подтипов. Особенно характерны почвы, возникшие в результате окультуривания тугайных лесов,—коруховые (Ширванская степь).

С крайним проявлением болотного процесса связаны иловато-болотные карбонатные почвы, а с солончаковым процессом — солончаки хлоридно-сульфатные.

В итоге представляется необходимым различать на Кавказе следующие типы почв сероземной общности: сероземы — F5.2, бурые пустынно-степные — K5.2, сероземно-бурые — C5.2, солонцы сероземные—B5.2, сероземно-луговые — K5.5, тугайные — K5.6, иловато-болотные карбонатные — П5.7, солончаки хлоридно-сульфатные — Э5.10.

Совершенно своеобразные почвенные области лежат в Колхидской (Грузия) и Ленкоранской (Азербайджан) низменностях и частью на окружающих их предгорьях. Среди выделенных здесь почв наиболее распространены: желтоземы, красноземы, желтоземно-аллитные, желтоземно-глеево-подзолистые (псевдоподзолистые), желтоземно-подзолисто-глеевые, желтоземно-подзолистые, лугово-болотные выщелоченные, иловато-болотные, торфяно-болотные. Дополнительно можно было бы указать большое число и других почв, представляющих собой или разные формы перечисленных, или же являющихся переходными к типам других зон.

Почвы описываемых областей также представляют собой взаимосвязанные совокупности, когда однотипная смена одних почв другими наблюдается во многих местах зоны. Для этой совокупности почв весьма специфичен и климат — влажносубтропический, относимый по гидротермической системе, к *E, EF VI*. Местной особенностью климата Ленкоранской влажносубтропической зоны является ярко выраженный летний засушливый период. Наиболее типичные почвы в описываемых областях — желтоземы и красноземы.

В свойствах желтоземов особенно полно отражены особенности глинных органо-минеральных реакций. Почвы, обладающие характерной ярко-желтой окраской, отличаются высокой илистостью, повышенной емкостью поглощения, пониженным внутренним дренажем. В типичном выражении они имеют профиль, малодифференцированный в отношении кремнезема и полуторакисей и с не очень кислой реакцией. Желтоземы особенно распространены в Ленкоранской низменности, где их формированию, возможно, благоприятствует летний засушливый период.

Здесь привлекают также внимание встречающиеся местами красноватоокрашенные желтоземы, приуроченные к хорошодренированным условиям. В них можно усмотреть черты ферритного процесса. Эти почвы, названные красно-желтоземами, очевидно, представляют собой переходное звено (подтип) к субтропическим красноземам, столь характерным для западной Грузии.

Красноземы имеют столь же характерную морфологию с ярко-красным мощным и слабодифференцированным профилем. Емкость поглощения у них много ниже, чем у желтоземов; хорошо проницаемы. Эти и некоторые другие свойства красноземов дают основание связать их со следующей за глинной ферраллитной корой выветривания и с ферритным ненасыщенным типом органо-минеральных реакций.

Желтоземы и красноземы — два основных типа почв влажносубтропических областей Кавказа. Очевидно, надо различать еще один специфический тип почв, правда, до сего времени не привлекавших должного внимания. Это почвы с мощным осветленным профилем с явными следами оглеения. Они приурочены к равнинным участкам, которые периодически подвергаются значительному сезонному переувлажнению. Валовые анализы показывают явную обогащенность осветленных горизонтов глиноземом и значительное обеднение железом. Этого рода почвы следует рассматривать в качестве примера проявления процесса аллитизации, столь обычного в тропиках (Волобуев, 1958).

Особо должен быть рассмотрен вопрос о подзолистых почвах в этих областях, вызывавший дискуссию (Сабашвили, 1948; Герасимов, 1966). От подзолистых почв севера их отличают относительно высокое содержание полуторных окислов, большое накопление ортштейна в нижних слоях и более высокий процент гумуса; характерны также неясное обособление и большая мощность подзолистого горизонта (Ковда, 1934; Полынов с соавт., 1938; Сабашвили, 1948).

Исследователи, отрицавшие принадлежность этих почв к собственно подзолистым, видели в таком отнесении их «географический парадокс» — возможность существования в субтропических условиях, но вместе с этим отмечалась и значительно более низкая степень аллитизации почвенной толщи, чем для типичных красноземов (Герасимов, 1966).

По мнению автора, противоречивость в суждениях о природе этих почв проистекает из-за недоучета такого обстоятельства, как стадия коры выветривания, с которой они сопряжены. Попытка толковать эти почвы как псевдоподзолистые находится в явном противоречии с их «неглинными» свойствами. Еще меньше оснований рассматривать их минеральный субстрат как аллитизированный.

Все наблюдаемые особенности описываемых подзолистых почв становятся вполне понятными, если учесть формирование их на относительно молодых аллювиальных наносах, которые естественно признать находящимися на сиаллитной фазе минеральных преобразований. Поэтому подзолистые почвы Колхидской низменности с наибольшим основанием следует определить как подзолистые субтропические. Почвы, выделенные в Ленкоранской низменности под наименованием «желтоземно-подзолисто-глеевые», надо рассматривать в качестве подтипа подзолов субтропических. Одновременно желтоземно-подзолистые почвы Ленкоранской низменности, сопряженные с глинной корой выветривания, по-видимому, следует рассматривать как параподзолистые.

В итоге, в областях Кавказа с влажносубтропическим климатом надо различать следующие генетические типы почв: желтоземы — U10.3 красноземы субтропические — V10.3, желтоземоаллиты — Б10.3, подзолистые субтропические — Т10.3, желтоземы параподзолистые — Г10.3, иловато-болотные выщелоченные — П10.7, торфяно-болотные субтропические — П10.9.

Классификация почв

Произведенный эколого-генетический анализ почвенного покрова Кавказа, в основе которого лежал как учет свойств самих почв и их эволюционных смен, так, особенно, и закономерности соотношений между почвами и условиями их существования, позволили более полно понять генетическую природу почв Кавказа.

Очень отчетливо проявились парагенезис групп почв и их эволюционные соотношения, что и дало возможность определить принадлежность рассмотренных почв к соответствующим общностям (табл. 53). Напомним, что почвенные общности представляют собой парагенетические совокупности почв, формирующихся в условиях однотипного биоклиматического режима и закономерно сменяющих друг друга в процессе развития биологической деятельности, выветривания материнских пород, рельефа. Поэтому уже определение принадлежности той или другой почвы к некоторой общности раскрывает важные стороны в понимании генезиса почв.

Следующим шагом в систематизации суждений о генетической принадлежности почв должна быть группировка их по классам почвообразования. При ее самостоятельном рассмотрении группировка облегчает проверку определения генетической природы почв, поскольку здесь поч-

Распределение генетических типов почв Кавказа по почвенным общностям

Почвенные общности	Генетические типы	Индексы по систематическому списку почв
1	2	3
1. Тундровая	A1.1 — морознокаменниковые	—
	Z1.2 — тундровые глеевые	—
	П1.9 — тундровые торфянистые	—
3. Холоднодерновая	Т3.2 — холоднодерновые	Глг
	Т3.3 — холоднолугово-лесные	
	П3.9 — холоднолугово-торфянистые	$Глг^{т}$
5. Сероземная	A5.1 — сероземы такыровидные	Спт
	B5.2 — солонцы сероземные	Сск
	C5.2 — сероземно-бурые	$С^{со}$
	F5.2 — сероземы	$С, С^{до}$
	K5.2 — бурые пустынно-степные	Бпс,СБ
	K5.5 — сероземно-луговые	Сл, Лсск,Лс
	K5.6 — тугайные	Ллт
	П5.7 — иловато-болотные карбонатные	$Бл^{к}$
	Э5.10 — солончаки хлоридно-сульфатные (типичные)	Счк
6. Каштановоземная	B6.2 — солонцы сухостепные	—
	B6.5 — солонцы лугово-степные	—
	F6.2 — темные сероземы	Квз
	F6.3 — светло-коричневые	Кс
	K6.2 — каштановые	$К_1, К_2$, Кпс, $К^{до}$
	K6.3 — серо-коричневые	СК
	K6.5 — каштаново-луговые	Кл, Лк
	L6.2 — серо-коричневые слитые	СКсл
7. Черноземная	B7.2 — солонцы черноземные	—
	K7.2 — черноземы	гЧ,гЧв, гЧк, Чкп
	K7.5 — черноземно-луговые	$Лч_в$ Чл
	L7.2 — слитые черноземные	Чсл
	N7.3 — серые лесные	Л
	T7.3 — серые лесные оподзоленные	$Л^{оп}$
	П7.7 — перегнойно-глеевые	—
	П7.9 — плавневые торфяники	—
8. Дерново-подзолистая	J8.3 — перегнойно-карбонатные	Глпк
	N8.2 — лугово-черноземовидные	Глч
	R8.3 — темно-бурые лесные (насыщенные)	—
	T8.2 — лугово-дерновые ненасыщенные	$Глб^{ол}$
	T8.3 — дерново-подзолистые	—
	U8.3 (2) — лугово-послелесные	—
	U8.3 — бурые лесные	Глб, $Глб^{ж}$
	Г8.3 — бурые лесные параподзолистые	$Глб^{оп}$
Коричневоземная	L9.2 (3) — коричневоземы слитые	Кчсл
	L9.4 — черные субтропические паралуговые (смолницы)	См
	R9.2 — коричневоземы	Кчд
	R9.3 — коричневые лесные	Кч, Кчж
	R9.5 — коричнево-луговые	Кчл
	R9.6 — коричнево-лугово-лесные	$Лл, Лл^{до}$
	Y9.2 — темно-коричневые деградированные	$Кч^{в}$

Окончание табл. 53

1	2	3
10. Желтоземная	Т10.3 — подзолистые субтропические	Псб
	U10.3 — желтоземы	Ж
	V10.3 — красноземы субтропические	Кр
	Г10.3 — желтоземы параподзолистые	$Ж^{оп}$
	Б10.3 — желтоземоаллиты	
	Т10.6 — желтоземно-глеевые	Бл
	П10.7 — иловато-болотные выщелоченные	Би
	П10.9 — торфяно-болотные субтропические	Бт

вы сопоставляются уже в других отношениях и могут быть уловлены частные несоответствия или, наоборот, может более отчетливо выступить закономерное место почвы в ряду других этого же класса.

Таблица 54

Распределение генетических типов почв Кавказа по классам почвообразования

Классы почвообразования	Генетические типы
А. Примитивный	А1.1—морознокаменниковый, А5.1—сероземы такыровидные
В. Щелочной	В5.2—солонцы сероземные; В6.2—солонцы сухостепные; В6.5—солонцы лугово-степные; В7.2—солонцы черноземные
С. Сиаллитно-оглиненный щелочно-деградационный	С5.2—сероземно-бурые
F. Аккумулятивноизвестковый	F5.2—сероземы; F6.2—темные сероземы; F6.3—светло-коричневые
J. Гуматноизвестковый	J8.3—перегнойно-карбонатные
K. Сиаллитный кальциевонасыщенный	К5.2—бурые пустынно-степные; К6.2—каштановые; К7.2—черноземы; К5.5—сероземно-луговые; К6.5—каштаново-луговые; К7.5—черноземно-луговые; К9.6—коричнево-лугово-лесные
L. Слитноглинный	L6.2—серо-коричневые слитые; L7.2—слитые черноземные; L9.2 (3)—коричневоземы слитые; L9.4—смолницы
N. Сиаллитный кальциевовыщелоченный	N7.3—серые лесные; N8.2—лугово-черноземовидные
R. Глинный насыщенный	R9.2—коричневоземы; R8.3—темно-бурые лесные; R9.3—коричневые лесные; R9.5—коричнево-луговые; R6.3—серо-коричневые
Т. Сиаллитный ненасыщенный	Т3.2—холоднодерновые; Т8.2—луговодерновые ненасыщенные; Т3.3 — холоднолугово-лесные; Т8.3—дерново-подзолистые; Т10.3—подзолистые субтропические; Т10.6 — желтоземно-глеевые
U. Глинный ненасыщенный	U8.3(2)—лугово-послелесные; U8.3—бурые лесные; U10.3—желтоземы
V. Ферритный ненасыщенный	V10.3—красноземы субтропические
Y. Глинно-глеевый насыщенный	Y9.2—темно-коричневые деградированные
Z. Сиаллитно-глеевый ненасыщенный	Z1.2—тундровые глеевые
Г. Глинно-глеевый ненасыщенный	Г8.3—бурые лесные параподзолистые; Г10.3—желтоземы параподзолистые
Б. Аллитный	Б10.3—желтоземоаллиты
П. Грубогумусово-торфянистый	П1.9—тундровые торфянистые; П3.9—холодно-лугово-торфянистые; П5.7—иловато-болотные карбонатные; П7.7—перегнойно-глеевые; П7.9—плавневые торфяники; П10.7—иловато-болотные выщелоченные; П10.9—торфяно-болотные субтропические
Э. Солончаковый	Э5.10—солончаки хлоридно-сульфатные

Как явствует из табл. 54, почвы, отнесенные к тому или другому классу, действительно обладают рядом общих характерных качеств.

Наконец, классификационное подразделение почв в наиболее развернутом виде представлено в «системе почв» (табл. 55), в которой они

Таблица 55

Система почв Кавказа

Класс почв	Почвенные общности							
	1. Тундровая	3. Холодноподзолистая	5. Серозем	6. Каштановоземная	7. Черноземная	8. Дерново-подзолистая	9. Коричневоземная	10. Желтоземная
А. Примитивный	А1.1		А5.1					
Б. Щелочной			В5.2	В6.2,5	В7.2			
С. Сиаллитноогличенный щелочнодеградационный			С5.2					
F. Аккумулятивноизвестковый			F5.2	F6.2,3				
J. Гуматноизвестковый						J8.3		
К. Сиаллитный кальциевонасыщенный			К5.2,5	К6.2,3	К7.2,5		К9.6	
L. Слитноглинный				L6.2	L7.2		L9.2.4	
N. Сиаллитный кальциевовыщелоченный					N7.3	N8.2		
R. Глинный насыщенный						R8.3	R9.2, 3,5,6	
Т. Сиаллитный ненасыщенный		Т3.2				Т8.2,3		Т10.3.6
U. Глинный ненасыщенный						U8.2,3		U10.3
V. Ферритный ненасыщенный								V10.3
Y. Глинно-глеевый ненасыщенный							Y9.2	
Z. Сиаллитный глеевый ненасыщенный	Z1.2							
Г. Глинно-глеевый ненасыщенный						Г8.3		Г10.3
Б. Аллитный ненасыщенный								Б10.3
П. Грубогумусово-торфянистый	П1.9	П3.9	П5.7		П7.7,9			П10.7,9
Э. Солончаковый			Э.5.10					

распределены и по основному характеру их органо-минеральных составляющих (классы почв), и по их природной выраженности в связи с биоклиматическим режимом и сменой почвенных формаций.

Почвенные зоны

Выяснение зональной структуры почвенного покрова — важный этап почвенно-генетического анализа. В этом отношении большие возможности создает использование принципа зональных сочетаний. Последнее вытекает прежде всего из простого расширения числа почв, которые должны быть приняты во внимание при определении ареала зоны и ее границ. Наиболее же важно то, что при практическом использовании принципа зональных сочетаний исследуются генетические отношения между отдельными компонентами почвенного покрова и средой, как это следует из идеи о почвенных общностях.

При анализе почвенного покрова с целью его зонального расчленения вначале примем во внимание географию термозон и гидрозон (рис. 46, 47). Далее учитываем ту генетическую связь между почвами, которая выяснилась при разборе почвенных сочетаний на основе концепции о почвенных общностях.

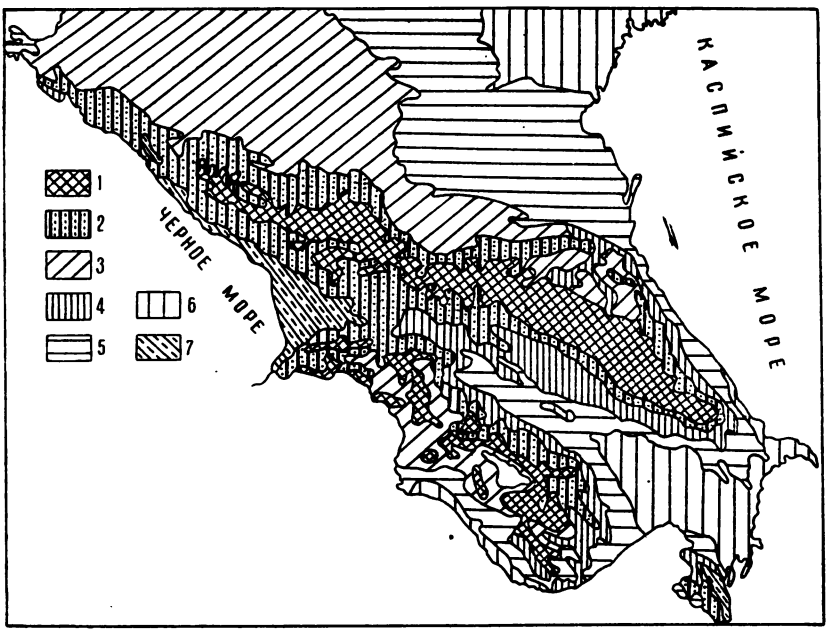


Рис. 50. Главные почвенные зоны Кавказа: *1*—холоднодерновой общности; *2*—дерново-подзолистой общности; *3*—черноземной общности; *4*—коричневоземной общности; *5*—каштановоземной общности; *6*—сероземной общности; *7*—желтоземной общности

Учитывая принадлежность почвы того или другого почвенного контура к некоторой почвенной общности и привлекая в качестве дополнительного материала карты термозон и гидрозон, имеем возможность на единой основе произвести зональное расчленение почвенного покрова Кавказа.

В итоге этого разбора приходим к заключению о наличии на пространстве Кавказа тундровой, холоднодерновой, дерново-подзолистой, черноземной, коричневоземной, каштановоземной, сероземной, желтоземной почвенных зон, которые представлены на рис. 50.

ОПЫТ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА АФРИКИ

В недавние годы появился ряд богатых материалов по почвам Африки (Van d. Merwe, 1941, 1964; Durand, 1954; Boulaine, 1957; Leneuf, 1957; Brammer, 1959; Fournier, 1962; D'Hoore, 1964; Boateng, 1959; Van der Eyk, Macvicar, Villiers, 1969; Денисов, 1962; Мэнье, 1965 и др.), ее растительному покрову (AETFAT, 1959; Rattray, 1960), биоклиматическим условиям (Phillips, 1959) и др. Продолжают сохранять большую ценность материалы экспедиции Д. Драницына (1915) в Алжир, обобщение З. Ю. Шокальской (1948) по почвам Африки. Особенно ценны новые материалы ССТА, включающие детальную почвенную карту Африки (1 : 5 000 000) на 7 листах и очерк (D'Hoore, 1964), они содержат сведения о почвообразующих породах, растительности, рельефе, много аналитических данных. Все это создало благоприятные возможности для проведения эколого-генетического анализа почвенного покрова Африки. Выполнению этой работы во многом способствовали и личные наблюдения автора по почвам Ганы (Волобуев, 1961) и аналитические данные по собранным при этом образцам почв. В известной мере оказались полезными и посещения отдельных районов Египта (1961), Марокко, Мавритании, Сенегала, Гвинеи (1969).

Почвенное разнообразие Африки наиболее полно представлено в легендах к листам почвенной карты Африки ССТА.

Первоначально в почвенно-экологическом отношении были оценены климатические условия.

Известно, что африканский континент почти полностью лежит в экваториально-тропическом поясе и в небольшой части имеет субтропические условия. Годовые значения радиационного баланса — 60—80 *ккал/см*^{2}. В связи с этим на большом протяжении континента среднегодовая температура воздуха изменяется в узких пределах (20—27° С). Лишь в областях субтропического климата и горных массивов температура ниже. По гидротермической системе тепловые условия Африки относятся к термозоне *VII* (экваториально-тропическая) и в некоторой части — к термозоне *VI* (субтропическая).

Значительно более разнообразны условия увлажнения: годовое количество осадков изменяется от немногих миллиметров до более 3000 *мм*. Столь значительная разница, естественно, предопределяет зональную смену на пространстве Африки широкой гаммы ландшафтов. Исследование климатических условий Африки с помощью гидротермической системы показывает наличие здесь основных зон увлажнения: *A, AB* — крайне сухой; *B, BC* — сухой; *C, CD* — недостаточного увлажнения; *D, DE* — уравновешенного увлажнения; *E, EF* — повышенного увлажнения; *FG* — большого увлажнения (рис. 51).

Другая особенность зональной смены условий увлажнения связана с тем, что наибольшую площадь континента охватывают две резко различные области увлажнения (на юге и севере господствуют пустынные условия, а средняя часть подвержена значительному увлажнению), в пределах же собственно тропической зоны на относительно небольших расстояниях происходит очень значительная смена условий увлажнения.

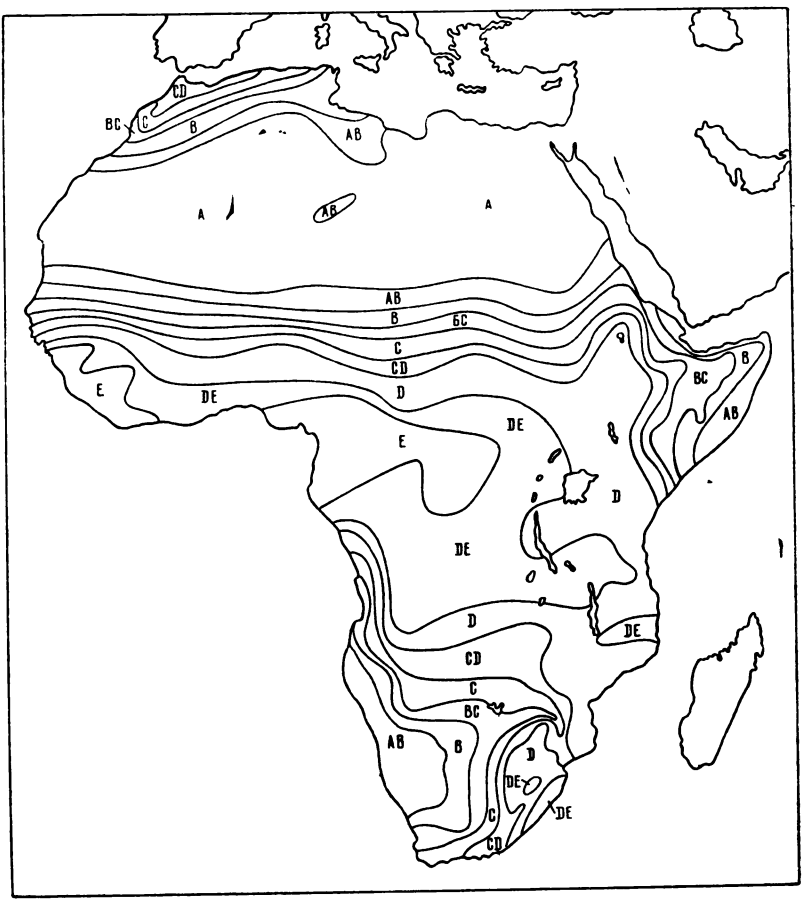


Рис. 51. Климатические зоны увлажнения Африки:
1—A, AB — крайне сухая; *2—B, BC*—сухая; *3— C,CD* —недостаточного увлажнения; *4—D,DE* –уравновешенного увлажнения; *5— E,EF*— повышенного увлажнения; *6— FG* —большого увлажнения

Наконец, для африканского континента, как и вообще для экваториально-тропических областей, всегда подчеркивается важное значение для формирования природных комплексов сезонности хода увлажнения, когда устойчиво засушливые сезоны сменяются сезонами с обильными осадками. Некоторые исследователи особое значение придают контрастности сезонной смены режимов увлажнения. Конечно, контрастная сезонная смена климатических условий не может не оказывать своего влияния на протекание процессов в природной среде. Однако, обращаясь к картам растительности (AETFAT, по D'Hoore, 1964; Rattray, 1960), биоклиматической карте (Phillips, 1959), мы устанавливаем наличие явно зональной структуры в растительном покрове.

Таким образом, как широкое градиентное изменение степени увлажненности, так и зональный характер растительности позволяют принять,

что и при рассмотрении почвенного покрова Африки важное место должно занимать выяснение зональной его структуры и места отдельных компонентов (типы почв) в соответствующих почвенных зонах. При решении этой задачи автор считает полезным исходить из предложенной им гидротермической системы.

Выявленные по климатическим данным зоны увлажнения и тепла были наложены на листы почвенной карты Африки, и по каждому листу отдельно выяснено распределение всех характерных почв. В большинстве случаев довольно определенно выявлялось преимущественное преобладание некоторых видов почв в пределах конкретной зоны.

Уже исследование климатической сопряженности дало ряд указаний о генетическом соотношении между почвами, но, конечно, это было лишь началом анализа.

Далее почвы, преобладающие в той или иной зоне, были рассмотрены с учетом их свойств, как возможные стадии развития. Трактовка генезиса почв при этом производилась прежде всего на основе идей классификации автора. Принимались во внимание такие признаки, как морфологическая структура почвенного профиля, содержание гумуса, состояние выщелоченности почв — судя по карбонатности и pH, оглиненность или опесчаненность почв, а также характер растительности, почвообразующих пород, рельефа и т. д. (использованы данные, приведенные в перечисленных выше источниках).

В итоге этого этапа исследования в первом приближении (предварительно) выяснено классификационное положение почв.

Затем автор вновь обратился к картографическим материалам. Генетическая последовательность почв, выявленная по свойствам их, проверена в отношении географической сопряженности: смежны ли генетически последовательные почвы и топографически можно ли их представить в необходимых географических сменах.

В результате уточнены генетическая трактовка почв, их положение в классификационной системе, а также зональная принадлежность почв, что и дало возможность в конечном итоге составить генетически обоснованную карту почвенных зон Африки. Генетическую обоснованность этой карты автор видит в том, что при выделении почвенных зон учтены как общие закономерности связи почв с климатом и растительностью, так и связи между видами почв как звеньями определенных цепей развития.

Конечно, в настоящем исследовании некоторые вопросы генетической природы почв не вполне ясны. По-видимому, не все почвы, представленные на карте Д'Ора (особенно в форме сочетаний), получили объяснение. Однако в отношении 32 типов почв автор полагает возможным высказать более определенные заключения.

Ниже кратко излагаются результаты эколого-генетического исследования почв Африки в порядке последовательности зон: от пустынной до влажнотропической.

Пустынно-тропическая зона по условиям тепла и влаги относится к гидротермотипу *ABVII*. Растительность — собственно пустынная, а в подзоне перехода к более увлажненной зоне *(B,BC)* — «подпустынная» кустарниковая саванновая (аристида и акация).

В почвенном покрове преобладают каменистые (Ac*) и песчаные пространства (An). Есть и глинистые равнины (Ao), затронутые только начальными стадиями почвообразования, пустынно-тропические примитивными: каменистые (A11.1′), песчаные (A11.1″), глинистые (A11.1‴).

В некоторой части это чисто геологические образования, т. е. горные породы, подвергшиеся физическому раздроблению в процессе выветри-

* Здесь и далее двубуквенные символы — обозначения по использованной почвенной карте Африки.

вания, каменники, перевеваемые пески. Но большие пространства имеют каменистый покров в виде кор или щебенки (Ар), представляющий собой реликтовые почвенные образования. Это известковые и железистые коры, которые унаследованы от иных фаз почвообразования, протекавших в условиях климата с большим увлажнением.

Р. Мэнье (1965) допускает, что за последние 2000—3000 лет могло произойти уменьшение годового количества осадков на 200 *мм*. Однако высказывается мнение и о гораздо большем увлажнении Сахары в прошлом: «К середине четвертичного времени Сахара была очень влажным районом, изобилие дождей обусловило почти тропический климат» (Бернар, 1949). Имеются также большие пространства, именуемые рэгами, на которых уже можно различать зачаточные почвенные профили, хотя и очень малой мощности: с поверхности покров гальки и щебня; средний слой в 3—4 *см* — из красноватого песка с более редкой галькой и нижний слой — очень плотная известково-гипсовая кора — «плита» (Герасимов, 1959).

Возникновение на пространстве рэгов хотя и примитивной почвы, но уже с явно выраженной дифференциацией на некоторые горизонты, объясняется тем, что рэги — это наиболее древние образования, защищенные от дальнейшего разрушения ветровой эрозией остаточным щебенистым покровом. О. Бернар (1949), характеризуя развитие выветривания и эрозии, пишет: «Начальная стадия — это скалистые горы, промежуточная — пустыня с возвышающимися местами хаммадами, горами и сухими долинами и конечная стадия — это рэг или серир».

Красноватая окраска песчаного слоя свидетельствует о глубоком разрушении минералов мелкозема рэгов с последующей дегидратацией освобожденного железа. Анализы тонких фракций мелкозема указывают на обедненность красноцветного мелкозема кремнеземом и обогащенность полуторaокисями. Цементированный характер слоя накопления извести («плита») также косвенно свидетельствует, что имеет место и некоторая миграция кремнезема. Все это дает основание полагать, что выветривание здесь носит ферраллитный характер. Вместе с этим освобождению и перемещению кремнезема, надо допустить, способствует и обычное — как следствие экстрааридности климата — присутствие в почвах рэгов легкорастворимых солей (Шокальская, 1948), придающих выветриванию щелочной характер (с периодическим осолонцеванием — рассолонцеванием).

Таким образом, пространство рэгов можно рассматривать как арену развития почвенных реакций феррсиаллитно-щелочного типа. Учитывая их слабую развитость, отнесем эти почвы к переходным от примитивных к феррсиаллитно-щелочным деградационным (D11. 2—1).

На северной и южной периферии пустынной области, где количество осадков несколько увеличивается и, очевидно, усиливаются процессы миграции веществ по почвенному профилю, формируются красновато-палевые пустынные карбонатные почвы с мелкоземистым слоем с поверхности мощностью 15—30 *см,* переходящим в горизонт с белоглазкой (Bf). Содержание гумуса очень низкое (0,1—0,2%).

Тропические условия образования этой группы почв скорее сказываются в затронутости выветриванием лишь поверхности минеральных частичек, сопровождающимся явлением «рубификации». Но местами этот процесс заходит и более глубоко: когда в средней части профиля начинается образование более выветренного горизонта с пониженными значениями отношения Si/R или даже весь профиль приобретает выраженные черты ферраллитизации (Si/R 4,9—5,1). Однако, судя по анализам илистой части, отмеченный процесс все-таки не заходит далеко (Si/R в илистой части около 3—4; V. der Merwe, 1941). Полагаем, что в этом и в аналогичных случаях процесс ферраллитизации накладывается на

сиаллитную основу минеральной части почв и последние можно отнести к типу персиаллитно-известковых (М11.2).

В. А. Ковда (1958), имевший возможность пересечь в разных направлениях долину Нила, отмечает, что «в условиях автоморфного режима (без участия грунтовых вод) в направлении от южного (верхнего) Египта к северному (к Средиземному морю) прослеживается смена следующих почвенных типов: темно-бурые пустынные почвы, такыровидные сероземы и такыры, светлые солончаковатые сероземы и остаточные солончаки и, наконец, своеобразные полнопрофильные зональные почвы, карбонатные иногда остаточно-солончаковые, палево-серого цвета, названные нами совместно с египетскими почвоведами «бадыя» (по-арабски — «степь»). Почвы этого типа являются в нашем представлении субтропическими и тропическими аналогами сероземов, образованными в пустынных степях Северной Африки».

Приводимые В. А. Ковдой для южных областей Египта желто-бурые пустынные почвы легко сопоставляются с почвами, показанными на сводной почвенной карте Африки как почвы подпустыни (Bf). Палево-серые почвы бадыя, действительно, следует принять как краснопустынные (I11.2) — аналоги светлых сероземов Средней Азии. Существенно указание на наличие такыров, по-видимому, выделенных на карте как глинистые равнины (Ac) и рассматриваемые нами как A11.1‴.

Наконец, В. А. Ковда отмечает наличие (к западу от Александрии) такыровидных почв с ясно выраженными столбчато-призмовидными горизонтами. Следовательно, есть основание выделить и пустыннотропические солонцы (B11.2).

Выделенные в этой зоне почвы оазисов на разных отложениях (Bn) очень богаты карбонатом кальция ($CaCO_3$) в верхнем 10-сантиметровом слое (14—45%) и в этом отношении сходны с культурно-поливными почвами сероземной зоны Средней Азии; их относим к типу F11.5.

По речным долинам почвы на аллювии (Bo), очевидно, надо отнести к типу K11.5. Почвы себкхас и шотты (Mc) — солончакового генезиса — Э11.10. Отмеченные на карте Африки солончаковые и щелочные почвы скорее следует рассматривать как луговые засоленные. Малое или относительно небольшое содержание ила (<0,002 *мм* — 14—30%), неяркая окраска (красновато-палевая) свидетельствуют, в общем, о невысокой степени выветренности минеральной части этих почв.

Далее к югу от Сахары лежит зона с годовой суммой осадков 200—500 *мм*. Французские исследователи именуют эту зону «степной» (wooded and grass steppes). Однако растительность здесь совершенно отличная от степной. Согласно Р. Мэнье (1965), это сочетание акациевых редкостойных кустарниковых формаций с колючелесными формациями, со злаковым, преимущественно однолетниковым, густым покровом незначительной высоты. При отмеченной здесь среднегодовой температуре 26—28° С выпадающие атмосферные осадки обеспечивают лишь режим скудного увлажнения. По гидротермической системе увлажненность оценивается как обычная для полупустынных условий — *B,BC*.

Несомненно, выпадение осадков в течение короткого периода — 1—3 месяцев влажного сезона — должно накладывать черты своеобразия на процессы почвообразования. Можно полагать, что такое выпадение осадков повышает их увлажнительный эффект, с чем, возможно, связано существование колючекустарниковой растительности. Это же обстоятельство может повышать и выщелачивающий эффект атмосферных осадков в отношении верхних горизонтов почв.

Очевидно, именно приведенные особенности гидротермического режима обусловили формирование гаммы почв с весьма различной степенью выщелоченности и продвинутостью выветривания их минеральной части.

На почвенной карте Африки в пределах этой зоны преобладающая площадь занята бурыми аридными и субаридными почвами (Ga, Gb). Содержание гумуса в них небольшое — менее 1%, но гумусовый горизонт хорошо заметен. Французские исследователи подразделяют их еще на бурые и красно-бурые. Из характеристики этих почв, приводимой Р. Мэнье (1965), можно заключить о наличии довольно существенных различий между названными почвами, прежде всего в степени выщелоченности: в первых с глубины 30 *см* наблюдаются обычно карбонаты кальция в различных количествах, значения pH — от нейтрального до щелочного, тогда как во вторых карбонаты обнаруживаются лишь в глубоких горизонтах, реакция их — от нейтральной — слабокислой до кислой. Различаются они и мощностью гумусового горизонта и особенно строением профиля. В бурых почвах мощность гумусового горизонта не превышает нескольких сантиметров и под ним лежит горизонт с несколько более яркой бурой окраской. Они содержат заметное количество глин типа 2 : 1, что свидетельствует о наличии невыветрелого минерального резерва. В красно-бурых почвах профиль более мощный — до 2 *м* с четко выраженными горизонтами: гумусовым мощностью не менее 50 *см*, серо-бурого и бурого цвета; подстилающим мощностью более 100 *см* красно-бурого цвета.

Для обеих почв характерно большое количество свободного железа, достигающего от валового его содержания 70—75% — в первых и 80—85% — во вторых.

Различия в мощности и виде профилей, в содержании карбонатов, pH, количестве свободного железа свидетельствуют о существенной разнице между этими почвами и о значительно более продвинутом процессе почвообразования в красно-бурых почвах. Но различия здесь не только в степени развития процесса ферраллитизации.

В красно-бурых почвах обнаруживается и явное перемещение веществ по почвенному профилю, как об этом можно судить по дифференциации его по содержанию ила: содержание частиц $<0{,}002$ *мм* в верхнем 7-сантиметровом слое составляет 9,5%, а на глубине 130—165 *см* — 28%. При этом верхний горизонт явно обогащен песчаной фракцией (2—0,2 *мм*). В глубине профиля отмечены мелкие железистые конкреции (Мэнье, 1965; D'Hooge, 1964).

Естественно допустить, что в красно-бурых почвах не только развивается процесс выщелачивания оснований, но имеет место и миграция железа. Поскольку констатируемую глубокую выщелоченность почв в условиях водного баланса полупустынного типа можно поставить в связь с выпадением годовой суммы осадков в очень сжатый период, то и перемещение железа естественно рассматривать не как явление какого-то оподзоливания, а считать следствием перехода его в подвижную форму в условиях восстановительной среды, возникшей в почве в дождливый период.

В связи со сказанным полагаем правильным рассматривать бурые и красно-бурые почвы аридно-саванновой зоны принадлежащими к двум разным типам.

Бурые субсаванновые почвы можно отнести к ферраллитно-карбонатному типу (M12.2), в котором процесс ферраллитизации проявляется лишь в рубификации почвенной массы.

Для красно-бурых почв характерна не только более глубокая ферраллитизация, но и наложение процесса периодического переувлажнения, сопровождающегося опесчаниванием, т. е. здесь периодически возникают почвенные реакции некоторой глеевой аллитизации на феррсиаллитной основе. Возможно, это надо рассматривать как признак органо-минеральных реакций типа P. Отнесем эти почвы к типу P12.3. Развиваются они под колючелесной растительностью. Красный цвет их

более глубоких горизонтов можно связать с влиянием сухого периода (Мэнье, 1965).

В аспекте отмеченного интересно показанное на почвенной карте сочетание почв Ав, Ga — железистых кор и бурых почв. Район этот приурочен к равнине, где зарождается ряд северных притоков реки Нигера (к северу от города Ниамея). Здесь естественно допустить луговой режим и отложение слоев так называемого «грунтоводного латерита»: луговой режим с его повышенным увлажнением особенно благоприятен для перевода железа в мобильные формы, и на контакте капиллярной каймы с горизонтами атмосферного воздействия происходит выпадение железа, создающего слои латерита. Последние при обнажении в процессе эрозии и являются «корами» на поверхности почвы. Отнесем эти почвы к типу Б12.5.

Такой весьма характерный для влажнотропических областей процесс в данной зоне в связи с ее сухостью встречается на относительно ограниченных территориях.

Имеются также молодые минеральные гидроморфные почвы, частью засоленные (Во, Na), отнесенные к типу К12.5.

Переходя к следующей по нарастанию увлажненности зоне *C, CD*, отметим, что для нее характерна саванновая (лесисто-саванновая) растительность относительно более сухого типа (mild subarid wooded savanna, subarid wooded savanna). На почвенной карте она отделяется от предыдущей зоны довольно ясно, чего нельзя сказать о ее южной границе, т. е. о переходе к почвам более влажной зоны. Однако, как покажем ниже, возможно осуществить и это разграничение.

Бурые и красно-бурые почвы, развитые на склонах, при выполаживании последних могут переходить в черные глинистые почвы с большими известковыми включениями (L12.4).

На больших пространствах с зоной увлажнения *C, CD* довольно определенно сопряжены почвы, показанные на почвенной карте Африки как железистые или феррсиаллитные на песчаных материалах (Ja) и на породах, богатых ферромагнезиальными минералами (Jв).

Не менее распространен в названной зоне еще один компонент этой группы почв — феррсиаллитные на кристаллических кислых породах. Но они имеют более широкий ареал: по почвенной карте они развиты и в более влажной зоне *(D)*. Во французской классификации эти почвы помещаются между красными средиземноморскими и ферраллитными тропическими, подразделяясь на невыщелоченные или слабовыщелоченные и выщелоченные, располагающиеся явно зонально. Однако, как отмечает Д'Ор, их трудно было разграничить, так как на картах отдельных областей их часто подразделяли по материнским породам, что и было отражено на сводной почвенной карте.

Имеются почвы, у которых нижняя часть гор. А и гор. В. комковатой структуры с признаками призмовидности. Часто наблюдаются выделения свободного железа, что облегчает их фиксацию в профиле в виде пятен или конкреций или же вне профиля. Илистая часть, как правило, богата каолином, но часто содержит небольшие количества минерала с решеткой 2 : 1. Гиббсит обычно отсутствует. Обменная способность слабая, но выше, чем в феррисолях и ферраллитных почвах. Окраска менее яркая, чем у последних. Мощность профиля редко превышает 250 *см*.

Из приведенных Д'Ором (D'Hoore, 1964) аналитических данных следует, что железистые тропические почвы на горных породах, богатых ферромагнезиальными минералами (Jв), имеют развитый почвенный профиль с железистыми конкрециями глубже слоя 20 *см*. Значение pH 5,9—6,5. Довольно богаты илом, но намечается перемещение его в более

глубокие горизонты (частиц <0,002 *мм* в слое 0—12 *см* 28,8%, в слое 30—80 *см* — 41,0%) при относительно большой емкости (в слое 0—30 *см* 16—14 *мг-мэкв* на 100 *г* почвы).

Почвы, именуемые железистыми или феррсиаллитными на песчаных материалах (Ja), хотя в отношении pH и сходны с предыдущими, но в них вынос ила из верхних горизонтов и накопление его в глубине почвенного профиля выражены в гораздо большей степени: содержание частиц <0,002 *мм* изменяется от 9,5% в верхнем слое до 43,7% в слое 79—117 *см*. Емкость поглощения также гораздо меньше — около 4—5 *мг-экв* на 100 *г* почвы. Морфология профиля свидетельствует о воздействии явлений переувлажнения: профиль палевый (светло-красно-бурый), примерно ниже 100 *см* лежит слой с обликом пятнистой глины с охристыми пятнами и конкрециями железа.

Отмеченные различия дают основания отнести первые почвы (Jв) к типу P13.2, а вторые (Ja) — к типу ДР13.2 с наличием сезонных процессов глеевого опесчанивания на феррсиаллитной основе*.

В этой же зоне на большой площади встречаются и железистые почвы на кристаллических кислых породах (Jc). Они также выщелочены и показывают перемещение ила из верхних горизонтов в более глубокие при явном опесчанивании верхнего слоя. В профиле преобладают более бледные тона: охристые и палево-бурые. В глубоких слоях (50—120 *см)* имеются железистые конкреции. Эти почвы можно отнести к тому же типу ДР13.3.

Наряду с отмеченными почвами равнин имеются также молодые луговые почвы (M), частью засоленные (Bo, Na). Встречаются они и в сочетании с почвами, именуемыми «вертисоли по депрессиям» (Bo, Dj). Последние местами представлены и самостоятельно (Dj). Относим их к типу L13.4.

Следующая, собственно саванновая зона с умеренной увлажненностью преимущественно градации *D,* имеет довольно сложный почвенный покров, генетические особенности которого не всегда достаточно ясны. Однако из сопоставления состава почвенных компонентов с более аридной зоной *(C, CD)* и собственно влажнотропической становится вполне очевидным своеобразие почвенного покрова этой промежуточной зоны, более понятным становится и генезис ее почв. Поэтому целесообразно рассмотреть сначала почвы влажнотропической зоны и затем уже вернуться к собственно саванновой.

Влажнотропическая зона является наиболее увлажненной как в силу общего количества атмосферных осадков — 1000—2000 *мм* и более за год, так и в связи с краткостью засушливых периодов, к тому же и не столь выраженных, как в сухосаванновой или собственно саванновой зоне. Оценка степени увлажненности по гидротермической системе с использованием данных по годовым суммам осадков и средней годовой температуре определяет увлажненность с градациями *E* и *DE*.

Если градация *E* — показатель именно повышенной увлажненности, то *DE* является только промежуточной между последней и уравновешенной увлажненностью. Между тем однотипный характер структуры почвенного покрова как в гидрозоне *E,* так и в гидрозоне *DE* свидетельствует о развитии почвообразования в обеих зонах при высокой увлажненности.

Для наиболее увлажненных областей характерна растительность типа гумидных лесов, на значительной части площади переходящих в заболоченные леса; в гидрозоне *DE* также довольно обычны гумидные леса, но сочетаются они со вторичной саванной. Как видим, и раститель-

* Своеобразное сочетание процессов D и P рассматривается как основание для выделения самостоятельного генетического типа.

ность указывает на то, что процессы природных комплексов здесь развиваются в условиях фактически высокой увлажненности.

Это некоторое противоречие (если, конечно, исключить возможные неточности в картах сумм осадков и температур, впрочем, вполне вероятные при редкости метеорологических станций на континенте) подтверждает важность заключения о роли сезонного хода выпадения осадков в тропических условиях. При одинаково высоких температурах на протяжении всего года выпадение основной массы осадков в сжатый период времени обусловливает очень высокую эффективность всех характерных процессов почвообразования. Не исключено также, что при этом в почвенно-грунтовой толще создаются большие запасы влаги, более активно участвующие в протекающих здесь процессах (расход на простое испарение становится относительно меньшим).

Приведенные соображения дают основания отразить относительное повышение фактического увлажнения при контрастности сезонного хода атмосферного увлажнения путем подвижки шкалы увлажненности по гидротермической системе для местности с отмеченным ходом увлажнения на «половину» градации. В данном случае гидрозону *DE* надо рассматривать как фактически имеющую увлажненность степени *E*. Это смещение, по-видимому, уместно и в отношении более сухих зон, основания к чему можно видеть и из изложенного выше по их почвам.

Почвам влажнотропических областей посвящена большая литература. Обзор ее дан И. А. Денисовым (1962а). Процессы почвообразования, протекающие в этих условиях, очень своеобразны и рассмотрение их — большая самостоятельная задача. Учитывая более ограниченную цель данного исследования — использовать метод эколого-генетического анализа для выяснения природы почв и зонального подразделения почвенного покрова Африки, — мы сочли возможным опираться в характеристике почв влажнотропической зоны главным образом на генетические представления авторов сводной почвенной карты Африки, отраженных в очерке Д'Ора.

Преобладающие почвы отнесены авторами сводной почвенной карты Африки к двум основным группам — феррисолям и ферраллитным. Приводим их характеристику по Д'Ору.

Выделенные французскими исследователями феррисоли (Ка, Кв) представляют определенную стадию развития по отношению к окружающим их ферраллитным почвам. От последних они отличаются более высоким содержанием обменных оснований, лучшей структурой, более активной биологической деятельностью и, следовательно, более высоким плодородием. В процессе развития этих почв влияние исходных материнских пород ослабевает, за исключением случаев с породами, содержащими ферромагнезиальные минералы. Феррисоли содержат большие количества илистой фракции: частиц $<0{,}002$ *мм* в слое 0—100 *см* 40—60%.

В гор. В на поверхности агрегатов и структурных отдельностей замечаются глинистые покрытия, но это, скорее, отложения алюмо-силициевых гелей. Глинистая фракция состоит почти целиком из каолинита, окислов железа и аморфного геля, иногда в небольшом количестве присутствуют минералы с решеткой 2 : 1 и гиббсит. Соотношение в иле Si/R близко 2 или выше. Насыщенность основаниями в гор. В и С более 50%.

Ферраллитные почвы — крайняя степень распада и выщелачивания, когда остаются неразрушенными наиболее устойчивые минеральные компоненты (даже каолинит и кварц могут разрушаться). Среди этих почв многие несут элементы, унаследованные от древних циклов почвообразования и выветривания, другие являются полигенетическими.

Гор. В слабоструктуренный. Плохо выраженные структурные отдельности непрочны (хрупкие). Глинистые натечные пленки в них отсутствуют. Содержание неразложившихся минералов малое или вообще несущественное. Глинистые минералы с решеткой типа 1 : 1 ассоциированы со значительными количествами гидратов окислов железа и алюминия; имеется гиббсит, отношение в иле Si/R обычно ниже 2. Весьма характерно очень низкое содержание фр. 0,2 (0,5) — 0,002 *мм*, свидетельствующее, по мнению многих исследователей почв тропиков, о большой степени разрушения материнских пород. Обменная способность очень низкая, насыщенность обычно меньше 40%.

Как видим, феррисоли и ферралитные почвы действительно могут быть поставлены в один эволюционный ряд со всевозрастающей степенью преобразования их минеральной части. Но ряд важных дополнительных генетических характеристик может быть извлечен из рассмотрения почвенных компонентов, выделенных уже в пределах указанных выше двух больших групп.

Основная часть феррисолей (Кв) по своим признакам вполне отвечает классу почв ферритных ненасыщенных (V), в связи с чем по нашей классификации относим их к типу V15.3 — красноземы влажнотропические, сохраняя в качестве синонима наименование феррисоли (а также рубрисоли).

Для феррисолей генетически сопряженной растительностью является лесная. Однако под воздействием человека площади лесов на африканском континенте значительно сократились и их заменила саванновая растительность. Это не могло не сказаться на ходе почвообразования. Поэтому считаем, что феррисоли надо подразделять на собственно феррисоли (лесные), или красноземы влажнотропические, и красные почвы саванн (красные саванновые). Красные почвы саванн в настоящее время развиваются под травянистой растительностью. Это соотношение мы отразим в индексе через символ лесной почвенной формации, взятый в скобки, т. е. индекс красных саванновых почв — V15.2 (3).

Наряду с этим, как выясняется из карты, почвы, выделенные в группе феррисолей под наименованием «феррисоли гумусовые» (Ка), располагаются или в речных долинах, или на подгорных равнинах. Поэтому их скорее надо рассматривать как почвы с чертами гидроморфизма, с чем хорошо согласуется и повышенная гумусность: 7,3% гумуса в слое 0—6 *см* и 4,6%—в слое 6—18 *см*. Правильнее будет рассматривать эти почвы как сочетающие черты основного типа с чертами некоторого гидроморфизма (V15.4).

Из сопоставления же почвенной карты и условий рельефа, а также климатических данных выясняется, что другую группу феррисолей гумусовых следует относить уже к субтропическим красноземам (V10.3). Их повышенная гумусность в этом случае будет объясняться не большим гидроморфизмом, а более умеренными темпами минерализации органических веществ.

В легенде к карте группа ферраллитных почв весьма изменчива по своим характеристикам. Прежде всего они подразделяются по цветовому признаку на почвы преимущественно красноцветные (Le, Lm) и с доминирующим желто-бурым цветом (La, Lb). Конечно, цветовой признак для подразделения в данном случае должен приниматься осмотрительно. Но исходя из имеющихся в литературе материалов, расхождения в цвете, во всяком случае для известной части ферралитных почв, можно объяснить сменой растительных формаций. Сведение лесной растительности довольно быстро ведет к дегидратации гидроокислов железа и приобретению почвой более ярких тонов (см., например, Денисов, 1962а).

Следовательно, большую часть ферраллитных почв мы можем отнести к типу Б15.3, т. е. по нашей классификации к классу аллитных, что вполне отвечает приведенной выше характеристике, представляющей ферраллитные почвы как более продвинутые в процессе аллитизации сравнительно с феррисолями и более богатые минералами гидроокислов алюминия и гиббситом. Почвы, показанные на карте как красные ферраллитные на породах, богатых железомагнезиальными минералами (Lm), полагаем, есть основание рассматривать в качестве подтипа Б15.3, особенно обогащенного железом.

Здесь надо оговорить следующее существенное обстоятельство. Большая часть ферраллитных почв на использованной почвенной карте Африки показана развитой на железистых корах. Это вполне закономерно. Для почвы с аллитного типа органо-минеральными реакциями характерны значительный вынос железа в глубокие горизонты и осаждение его в форме латеритного слоя. В случае смыва верхнего мелкоземистого слоя (а это очень распространенное явление в условиях больших осадков влажных тропиков) латеритный слой выходит на поверхность и отвердевает, превращаясь в панцири и коры. Таким образом, латеритные коры среди ферраллитов генетически связаны с ними, но связь эта нарушенная. Для ферраллитов «на железистых корах» мы добавляем к основному индексу значок «л», т. е. — Бл15.3.

Наконец, совершенно особой трактовки заслуживают ферраллитные почвы, показанные на карте под наименованием «почвы ферраллитные желто-бежевые на рыхлых песках» (La).

Обращаясь к аналитическим данным, приведенным Д'Ором, устанавливаем, что «песчанистость» этих почв особая — тонкопесчанистая с преобладанием в слое 0—100 *см* фр. 0,5—0,05 *мм*, низким содержанием фр. <0,002 *мм* (11—17%) и особенно 0,05—0,002 *мм*. Почвы очень кислые (pH 4,1—4,3), с весьма малой обменной способностью (2—4 *мг-экв* на 100 *г* почвы). Все это свидетельствует об очень далеко зашедшем процессе разрушения минеральной части почв и об их большой выщелоченности. Очень характерный разрез почв этого рода приводит Ленеф (Leneuf, 1957; см. стр. 57).

Имеющиеся у автора аналитические данные по аналогичной почве Ганы вполне совпадают с приведенной характеристикой. По данным валового анализа, они явно обогащены кремнеземом в верхних горизонтах и вполне заслуживают наименования «отбеленные» или же «опесчаненные». В исследованной почве из Ганы верхний горизонт отбеленных лесных почв является песчанистым и почти полностью лишен железа. Последнее сконцентрировано в железистой плите, лежащей в глубоких слоях почв. Анализ условий их формирования (залегание в ложбине между двумя холмами, под влажнотропическим лесом, в окружении почв на мощной красноцветной коре выветривания) дает основание рассматривать их связанными с процессом крайне глубокого распада минеральной части на составные окислы в восстановительной среде с почти полным выносом железа и алюминия и накоплением остаточного кварца (частью, по-видимому, и новообразованного). Эти почвы обычно приурочены к районам с особенно значительными осадками. Но есть еще одно очень важное обстоятельство: основная часть этих почв располагается в депрессиях рельефа, т. е. в условиях, благоприятствующих явлениям переувлажнения.

Уместным будет привести здесь слова П. Ричардса (1961): «Наиболее наглядным примером тропической почвы, кардинально отличающейся от типичного краснозема не только процессом развития, но и особенностями зрелого профиля, является выщелоченный песок, который, как ныне известно, широко распространен в области тропического дождевого леса».

Все сказанное позволяет рассматривать описанные почвы относящимися к классу глеево-опесчаненных — к типу Д15.3.

Почвы, показанные на карте как ферраллитные гумусовые (Ls), сходны с феррисолями гумусовыми и также залегают в горных зонах на большой высоте; их можно рассматривать в качестве красноземов субтропических (V10.3).

Среди ферраллитных имеются еще почвы «ферраллитные с погребенным горизонтом» (Lt). Однако данные механических анализов их не обнаруживают какой-либо слоистости, но выявляют богатство илом (частиц <0,002 *мм* во всем верхнем полутораметровом слое почти неизменно 60%). Почвы кислые (pH 5,0—5,5), но обменная способность заметно выше, чем в других ферраллитных почвах (15—6 *мг-экв* на 100 *г* почвы). Эти показатели склоняют к мысли рассматривать почвы как сохранившие некоторые реликтовые черты от предшествующей эутрофной фазы, когда почва могла быть более богатой гумусом в мощном слое, как своеобразный подтип ферраллитных почв с некоторыми чертами, присущими коричневым лесным (VU15.3).

Вернемся к зоне уравновешенного увлажнения. Для нее характерна градация *D,* частично и *CD,* что, как отмечено в отношении зоны *DE,* может быть следствием повышения увлажнительного эффекта за счет ярко выраженного сезонного выпадения осадков (один летний максимум). В пределах этой зоны наиболее широко представлены феррсиаллитные почвы на песчаных материалах (Ja). Но они присущи и более аридной зоне *(C, CD).* Однако уже сам факт столь широкого залегания их — от аридных до влажнотропических условий — наводит на мысль о большем разнообразии рассматриваемых почв, чем это показано на почвенной карте Африки. Очевидно, именно к этим почвам особенно справедлива оговорка Д'Ора об условности подразделения феррсиаллитных почв по материнским породам.

Действительно, автор во время пребывания в Гане имел возможность убедиться в очень значительном изменении упомянутых почв примерно по меридиональному профилю от южного предела их до перехода на территорию Верхней Вольты. Различия были подтверждены в последующем и аналитически по собранным образцам. В южной зоне своего распространения они гораздо мощнее, с более выраженной миграцией и концентрацией железа в почвенном профиле. Поэтому феррсиаллитные почвы на песчаных материалах, развитые в пределах гидротермической зоны *D,* будем рассматривать хотя и генетически близкими к уже описанным почвам подобного рода по зоне *C, CD,* но заслуживающими быть выделенными в самостоятельный генетический тип (ДР14.3).

Почвы обширного контура, показанные как Jc, Kc, отнесем к особому типу ксероферрисолей (V14.3). Основываемся при этом на замечании Д'Ора относительно подразделения К. Сю (Sus, 1960) феррисолей на гидро- и ксероферрисоли, что эквивалентом последних являются почвы, обозначенные на карте как JbKa, JbKb, JcKc.

Обычны для зоны и почвы группы, обозначаемые на карте как вертисоли. Они представлены здесь как почвами депрессий (Dj), так и без указания на связь с гидроморфизмом (Da, Db).

Эти почвы очень богаты илистой фракцией (частиц <0,002 *мм* около 40—50%), имеют высокую обменную способность (около 40 *мг-экв* на 100 *г* почвы), слабощелочную реакцию (pH 7,5—8,2). Относим их соответственно к типам L14.4 и L14.2.

Довольно широко представлены и так называемые бурые эутрофные почвы, т. е. почвы, формирующиеся на коренных породах (Ha, Hb). Судя по аналитическим данным двух разрезов, приведенных Д'Ором, они довольно различны по свойствам, но имеют слабощелочную (pH

7,3—7,6) или слабокислую (pH 6,6—6,8) реакцию, повышенное содержание ила, повышенную емкость обмена, особенно в верхнем слое (24—40 *мг-экв* на 100 *г* почвы). Полагаем, что это дает основания связать их с глинной фазой минеральных преобразований, что будет в согласии с относительно молодым возрастом почв, и рассматривать их как относительно юные, находящиеся в условиях постоянного омоложения.

Д'Ор указывает, что рассматриваемые почвы часто бывают с гор. А, богатым органическим веществом, обычно хорошо структурны, обеспечены питательными веществами и плодородны. Они богаты невыветрелыми минералами. Глинистая фракция в большей части состоит из минералов с решеткой типа 2 : 1. Могут содержать и аллофан (в почвах на изверженных породах). Рассматриваем их в качестве генетического типа R14.3. Но, по-видимому, в отдельных их представителях могут обнаруживаться черты, близкие коричневым и бурым лесным почвам областей умеренного климата.

Характеристика почвенного покрова Африки будет неполной, если не остановиться, хотя бы коротко, на почвах ее субтропических областей: присредиземноморской — на севере и южной Африки — на юге. В присредиземноморской области в данном случае имеются в виду не сахарский склон Высокого Атласа и Сахарского Атласа, а их северные склоны и межгорные долины. Здесь на сводной почвенной карте показаны бурые и красно-бурые почвы аридных и семиаридных средиземноморских районов (Gn) и затем красные и бурые средиземноморские почвы (Ia, Ib). Наблюдениями И. П. Герасимова (1959) установлены также коричневые почвы (R9.3).

Имеется, однако, мнение Д. Булена (Boulaine, 1957), что нельзя относить имеющиеся здесь почвы только к одному типу коричневых. Он указывает на наличие почв с гораздо большей карбонатностью, чем присущая коричневым. Эти карбонатные почвы он склонен именовать каштановыми. Но сам же отмечает такое своеобразие их, как формирование под кустарниковой растительностью, гораздо более яркую — красноватую — окраску, в силу чего высказывает мысль о возможности представить эти почвы как каштаноземы красные. Приводимые Буленом аналитические данные действительно подтверждают отличия и от каштановых, и от коричневых. По-видимому, здесь местами возникают и более рубифицированные почвы. Мы полагаем возможным выделить их в тип M9.2, принимая для них наименование красно-коричневые карбонатные, или паратерра-росса.

Почвы южной Африки обстоятельно исследованы Ван дер Мерве (V. der Merwe, 1941, 1964), особенно в отношении их вещественного состава. Ряд описанных им почв относится к зональным семействам уже приведенных выше зон. Здесь надо остановиться на особых почвах, выделенных на сводной почвенной карте как вертисоли на породах, богатых ферромагнезиальными минералами (Da) и затем псевдоподзолистые почвы высоких вельдов. На прежней карте Ван дер Мерве (1940) они выделялись в группе «глеевоподобных подзолистых почв» как прерийные почвы высоких степей.

По карте видно, что вертисоли развиты в пределах плато Высокий вельд и развиваются в условиях субтропического климата с уравновешенным увлажнением (*DVI*). Этот тип почв принадлежит к тому же общему классу «слитноглинных», что и черные тропические почвы. Но мы склонны отнести эти почвы к самостоятельному типу черных субтропических (L9.2). Думаем, что при возможности сопоставить достаточно обширный материал по черным почвам тропиков и субтропиков между ними можно будет установить достаточно значимые различия.

Почвы, выделенные как «псевдоподзолистые», обладают явно дифференцированным профилем: с обедненным илом и полуторaокисями

Таблица 56

Распределение генетических типов почв Африки по классам почвообразования

Классы почвообразования	Генетические типы
A. Примитивный	A11.1′—пустыннокаменниковые; A11.1″—красно-песчаные; A11.1‴—такырные тропические
B. Щелочной	B11.2—солонцы пустыннотропические; B9.2—солонцы субтропические
D. Феррсиаллитный щелочной	D11.2—почвы рэгов
F. Аккумулятивноизвестковый	F11.5к—культурнополивные оазисов
J. Феррсиаллитный обызвесткованный	J11.2—пустыннотропические сероземы
K. Сиаллитный кальциевонасыщенный	K11.5—луговые пустыннотропические; K12.5—луговые тропической полупустыни
L. Слитноглинный	L9.2—черные субтропические; L12.4—черные луговатые ариднотропические; L13.4—черные луговатые сухосаванновые; L14.2—черные тропические; L14.4—черные луговатые саванновые
M. Феррсиаллитный известковый	M9.2—паратерра-росса (красно-коричневые карбонатные); M11.2—желто-бурые подпустынные; M12.2—бурые субсаванновые
P Феррсиаллитный ненасыщенный	P13.2—феррсиаллитные сухосаванновые
R. Глинный насыщенный	R9.3—коричневые лесные; R14.3—краснокоричневые
U. Глинный ненасыщенный	U10.3—желтоземы
V. Ферритный ненасыщенный	V10.3—красноземы субтропические; V14.3—красно-бурые саванновые; V15.2(3)—красные саванновые; V15.3—красноземы влажнотропические гумусные
Y. Глинно-глеевый насыщенный	Y9.2—темно-коричневые деградированные
Б. Аллитный	Б15.3—латосоли каолинитовые; Б12.5—лугоаллиты ариднотропические
Д. Глеево-опесчаненный	ДР13.2—феррсиаллитные опесчаненные сухосаванновые; ДР14.3—латеритизированные опесчаненные; Д15.3—латосоли опесчаненные
Э. Солончаковый	Э11.10—шотты и себкхас (солончаки гипсовые)

верхним слоем и обогащением ими более глубоких слоев. Значения pH низкие — большей частью 5,0—5,5. Залегание в непосредственном соседстве с почвами, именуемыми на карте вертисолями (на прежней карте Ю. Африки—«черные субтропические глинистые»), или в тесном сочетании с ними указывает на их генетическую близость. Данные почвы можно рассматривать в качестве дериватов черных субтропических, подвергающихся деградации под влиянием поверхностного переувлажнения в сезоны обилия атмосферных осадков как следствие их равнинного положения и крайне затрудненного внутреннего дренажа в связи с тонкодисперсным механическим составом. Они находят обоснованное место в классе глинно-глеевых почв как тип Y9.2 — темно-коричневые деградированные.

Произведенный разбор генетических отношений обобщен в табл. 56, 57.

Рассмотрение почвенного покрова Африки показало вполне закономерную смену типов почв согласно общей фитоклиматической зональности. При всей трудности уяснения действительной природы почв в отдельных участках их распространения в большинстве случаев все же удавалось уловить основную приуроченность тех или других типов почв к определенным зонам климата и растительности. Эколого-генети-

Распределение генетических типов почв Африки по почвенным общностям

Почвенные общности	Генетические типы	Индекс по исходной почвенной карте Африки
9. Коричневоземная	L9.2 — черные субтропические	Da
	B9.2 — солонцы субтропические	Ma
	K9.3 — коричневые лесные	Gn
	Y9.2 — темно-коричневые деградированные	Fa
	M9.2 — паратерра-росса (красно-коричневые карбонатные)	—
10. Желтоземная	U10.3 — желтоземы	Iв
	V10.3 — красноземы субтропические	Кв, Ia
11. Пустыннотропическая	A11.1′ — пустыннокаменниковые	Ac
	A11.1″ — краснопесчаные	An
	A11.1‴ — такырные тропические	Ao
	B11.2 — солонцы пустыннотропические	—
	D11.2 — почвы рэгов	Ap
	F11.5к — культурнополивные оазисов	Br
	I11.2 — краснопустынные	—
	K11. — лугоаллиты ариднотропические	Bo
	M11.2 — желто-бурые подпустынные	Bf
	Э11.10 — шотты и себкхас (солончаки гипсовые)	—
12. Светло-красноземная	K12.5 — луговые тропической полупустыни	Bo, Na
	M12,2 — бурые субсаванновые (аренаферрисоли)	Ga, Gв
	P12.3 — красно-бурые выщелоченные	Ga, Gв
	L12.4 — черные луговые ариднотропические	Dj
	Б12.5 — луговые пустыннотропические	—
13. Сухосаванновая	L13.4 — черные луговатые сухосаванновые	Dj
	P13.2 — феррсиаллитные сухосаванновые	Jв
	ДР13.2 — феррсиаллитные опесчаненные сухосаванновые	Ja, Jc
14. Красно-буроземная	L14.2 — черные тропические	Da
	L14.3 — черные луговатые саванновые	Dj
	R14.3 — красно-коричневые	Ha, Hв
	V14.3 — красно-бурые саванновые (феррсиаллиты саванновые)	Jв, JcKc
	ДР14.3 — латеритизированные опесчаненные	Ja, Jc
15. Красноземная	V15.3 — красноземы влажнотропические (феррисоли, рубрисоли)	Кв, Lt
	VU15.3 — красноземы гумусные	Ka
	V15.2(3) — красные саванновые	Kc
	Б15.3 — латосоли коалинитовые (оксисоли)	Lв, Lм
	Д15.3 — латосоли опесчаненные (с латеритом)	La, Lв
	Бл15.3 — аллиты латеритные (красноземно-латеритные)	BcLx, BcLc
	Vл15.3 — красноземолатериты	—

ческий анализ позволил выявить некоторые семейства почв, которые можно было рассматривать как представляющие определенные фазы развития почвенного покрова и которые оказалось возможным отнести к определенным почвенным общностям (табл. 57). Все это послужило основанием для составления карты главных почвенных зон Африки (рис. 52).

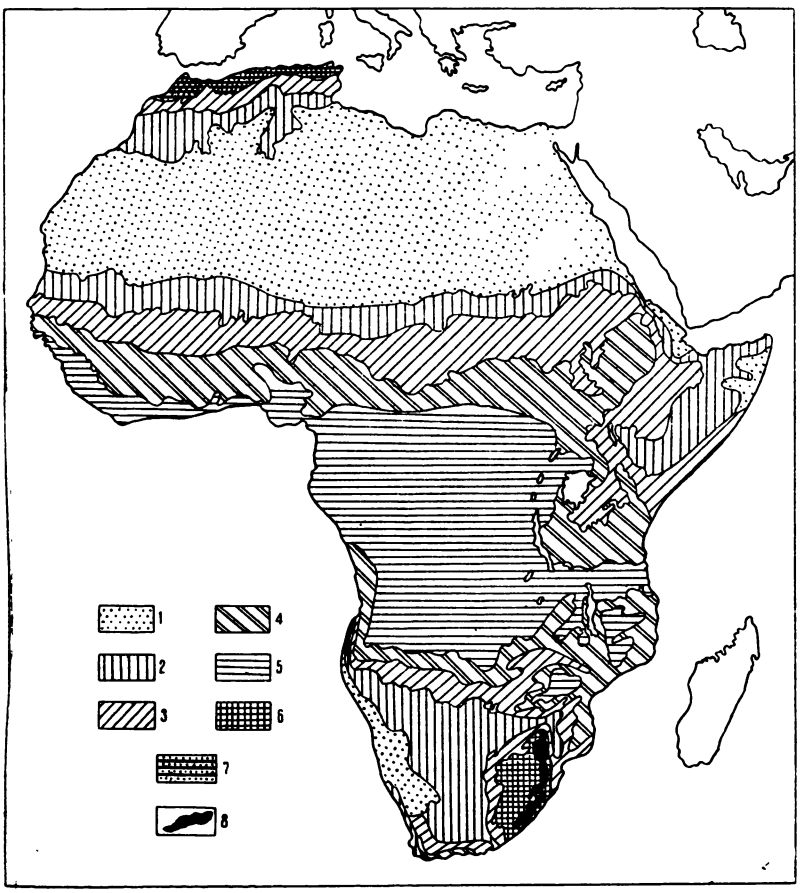


Рис. 52. Главные почвенные зоны Африки

1—пустыннотропической общности; *2*—светло-красноземной общности; *3*—сухосаванновой общности; *4*—красно-буроземной общности; *5*—красноземной общности; *6*—коричнезоземной общности; *7*—коричневоземной общности с фрагментами желтоземной общности; *8*—желтоземной общности

Завершающим итогом проведенной работы по почвам Африки явилось составление системы почв континента (табл. 58). Несомненно, эта система носит печать личного толкования автором природы почв африканского континента. Должна была сказаться и скудность аналитического материала. Вообще отсутствовали данные по фракционно-групповому составу гумуса, имеющие особое значение для целей классификации.

Тем не менее должно быть принято во внимание то обстоятельство, что предлагаемая система почв Африки явилась итогом последовательного разбора и сопоставления разнообразных фактических материалов с использованием методов эколого-генетического анализа, которые оправдали себя на примере более изученного объекта — почвенного покрова Кавказа.

Система почв Африки

Классы почв	Почвенные общности						
	9. Коричневоземная	10. Желтоземная	11. Пустынно-тропическая	12. Светло-красноземная	13. Сухосаванновая	14. Красно-буроземная	15. Красноземная
A. Примитивный			A11.1′1″				
B. Щелочной	B9.2		B11.2				
D. Феррсиаллитный щелочно-деградационный			D11.2				
F. Аккумулятивноизвестковый			F11.5				
J. Феррсиаллитный обызвествованный			J11.2				
K. Сиаллитный кальциевонасыщенный			K11.5	K12.5	L13.4	L14.2,4	
L. Слитноглинный	L9.2						
M. Феррсиаллитный известковый	M9.2		M11.2	M12.2			
P. Феррсиаллитный выщелоченный					P13.2		
R. Глинный насыщенный	R9.3					R14.3	
U. Глинный ненасыщенный		U10.3					
V. Ферритный ненасыщенный		V10.3				V14.3	V15.3,4
Y. Глинно-глеевый насыщенный	Y9.2						
Ж. Феррсиаллитный выщелоченный				Ж12.2	Ж13.2		
Б. Аллитный ненасыщенный				Б12.5			Б15.3
Д. Глеево-опесчаненный					ДР13.2	ДР14.3	
Э. Солончаковый			Э11.10				

ГЛАВА 20

НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ АМЕРИКИ

1. Почвы Северной Америки

Почвы Северной Америки на всем ее пространстве изучены не в одинаковой мере. Обширная литература посвящена почвам США. В последние годы немало данных появилось по почвам Канады, а также американского Севера. В нашу задачу не входило широкое рассмотрение материалов первичных исследований — необходимо было опереться на имеющиеся сводные работы. Для составления обобщенной почвенной карты Северной Америки использованы следующие материалы: схематическая почвенная карта США, составленная совместно Г. Найтом и Ч. Келлогом (Geography of North America, 1954); почвенные карты по Канаде, приводимые Д. Путнамом с соавт. (1955), и по Мексике — почвенная карта Брамбилы, приведенная Х. А. Виво (1951). По отдельным районам использованы также более детальные материалы (Simonson, Riecker, Smith, 1952; Veatch, 1953 и др.).

Перечисленные картографические материалы, хотя они мелкомасштабные, а частью — и схематические, позволяют вместе с сопроводительным текстом к ним представить почвенный покров Северной Америки гораздо полнее, чем он был известен по прежним материалам. Так, новая почвенная карта США, будучи более детальной, чем известная карта Келлога, показывает еще и некоторые новые почвенные генетические подразделения, на ней отражены и почвообразующие породы. Данные о почвах Канады, приведенные Д. Путнамом, отражают результаты исследований многих авторов, в значительной части пока не опубликованные.

Большой интерес представили при генетических сопоставлениях также данные о pH почв США, опубликованные Е. Бейли (Bailey, 1945).

Автор располагал также новой почвенной картой США, составленной Департаментом земледелия США с номенклатурой по «7-му приближению» в масштабе 1 : 17 000 000 (Patterns of soil orders and suborders of the United States, 1967).

Наконец, значительно обогатило наши знания о почвах США участие советских почвоведов в экскурсиях по США в период работы VII Международного конгресса почвоведов (Лобова, 1962; Розов, Рубилин, Руднева, 1961).

Все эти материалы в своей совокупности позволили с достаточной уверенностью представить почвенный покров Северной Америки с детальностью составленной автором рабочей сводной почвенной карты в масштабе 1 : 20 000 000. Приводим список выделенных при этом почв:

Та —тундровые примитивные
Тд —тундровые дерновые (бурые)
Т —тундровые поверхностно-глеевые
Ттг —тундровые торфянисто-глеевые
Тсг —тундровые скрытоглеевые (минеральные участки)
гТ —тундровые горные
Пг —глеево-подзолистые
Птг —торфяно-глеевые
Ллт —луговые лесотундровые
П —подзолы и подзолистые
Пд —дерново-подзолистые
Дк —перегнойно-карбонатные
Лб —бурые лесные
Лвд —бурые прерийные (вторичнодерновые)
ПБ —подзолисто-болотные (верховых болот)
Бп —перегнойно-торфяно-болотные
Лп —лугово-подзолистые
Ч^{о} —черноземы обыкновенные
Ч^{мг} —черноземы малогумусные
Ч^{мм} —черноземы малогумусные маломощные
Ч^{к} —черноземы малогумусные карбонатные
Ч^{в} —черноземы выщелоченные
Ч^{сл} —черноземные солоди (планосоли)
Лс —серые лесные
Лст — серые лесные черноземовидные (темно-бурые)
Чол —черноземы олуговелые
ТЗ^{о} —темноземы обыкновенные
ТЗ^{ю} —темноземы южные
ТЗ^{и} —темноземы остаточноиллювиальные
Чл —лугово-черноземные
$К_1$ —каштановые
$К_2$ —темно-каштановые
гК —каштановые горные
К^{к} —светло-коричневые карбонатные
Скч —серо-коричневые
Скчо —серо-коричневые остепненные
R —сухостепные красные
С —сероземы
гС —сероземы горные
СП —светлоземы (пустынные) субтропические
СП^{к} —светлоземы обызвесткованные
СБ —серо-бурые
КП^{с} —светло-красно-бурые субтропические (опустыненных саванн)
Лгс —лугово-сероземные
Сп —песчаные примитивные
Счк —солончаки
КЗ —коричневоземы
КЗ^{к} —коричневоземы красноватые
КЗ^{п} —коричневоземы примитивные
Кч —коричневые
Кч^{п} —коричневые примитивные
гКч —коричневые горные
СЧ —черные субтропические
Кчл —луговокоричневые карбонатные
Ж —желтоземы
Ж^{оп} —желтоземы оподзоленные
Ж^{св} —желтоземы слабовыщелоченные
Крсб —красноземы субтропические
Кр^{о} —красноземы оподзоленные
Ж^{п} —глеевато-желтоземные примитивные
Лж —лугово-желтоземные
Лж^{к} —лугово-желтоземные карбонатные
Жг —желтоземно-глеевые (низинно-лесные)
Бив —иловато-болотные выщелоченные
КС —красные почвы саванн
КБ —красно-бурые (светлых тропических лесов)
Крт —красноземы тропические
гКрт —красноземы горные
Кр^{ок} —красно-буроземы остаточно-карбонатные
Лкр —луговоглеевые влажнотропические
Бм —болотные мангровые

Использование при составлении сводной почвенной карты Северной Америки довольно разнородных материалов только усиливало необходимость применения определенной методики, облегчившей бы анализ данных по почвенному покрову столь различных территорий, как Канада, США и Мексика.

Как показано выше, одним из приемов эколого-генетического анализа почвенного покрова является использование почвенно-климатической гидротермической системы.

Для составления карты зон тепла и увлажнения (рис. 53) использованы также сводные климатические данные из известных автору: по осадкам и среднегодовой температуре — приводимые Г. Н. Витвицким (1953), по радиационному балансу земной поверхности — карты из Морского атласа (Будыко и др., 1953). Отмечено, что по средним широтам северного полушария изменение почв в связи с термическими условиями больше коррелирует со средней годовой температурой, чем с радиационным балансом земной поверхности. Карты же зон увлажнения, составленные с использованием в качестве показателя тепла как средней годовой температуры, так и радиационного баланса земной поверхности, взаимно дополняют друг друга.

Растительность как фактор почвообразования учтена на основе карт и характеристик растительности: по США — Бригса и Шантца (приводим по Боли, 1948), по Канаде — Д. Путнама с соавт. (1955), по

Мексике — по данным географических описаний (Виво, 1951; Ильинский, 1937); использованы также карты облесенности территории США.

Почвообразующие породы охарактеризованы согласно картам, приведенным Милларом и Тюрком (Millar, Turk, 1943), а также по упомя-

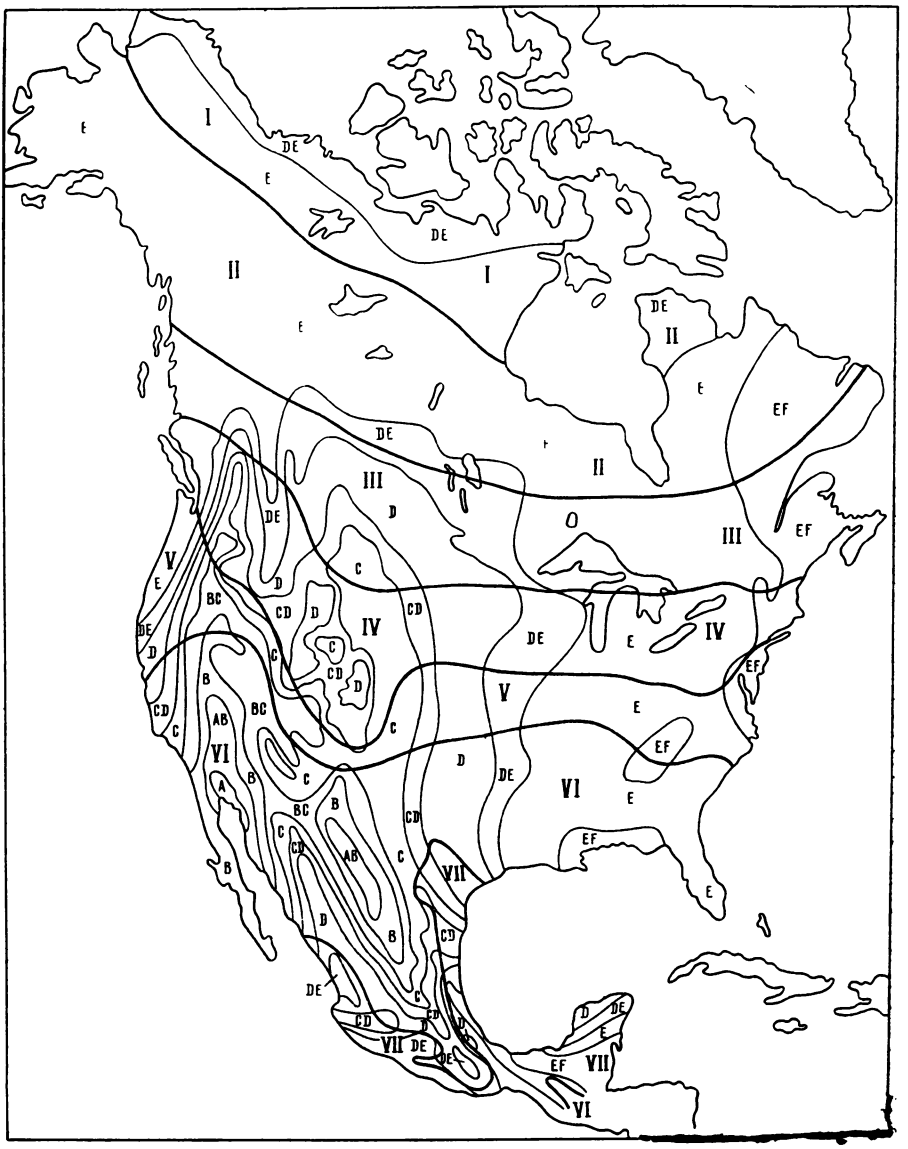


Рис. 53. Климатические зоны тепла и влаги Северной Америки.
Зоны тепла: *I*—крайне холодная (арктическая); *II*—холодная (субарктическая); *III*—умеренно холодная; *IV*—умеренная; *V*—умеренно теплая; *VI*—теплая (субтропическая); *VII*—жаркая (экваториально-тропическая).
Зоны увлажнения: *A, AB*—крайне сухая; *B, BC*—сухая; *C,CD* —недостаточного увлажнения; *D, DE* —уравновешенного увлажнения; *E,EF* —повышенного увлажнения

нутой использованной почвенной карте США, на которой каждый почвенный выдел имел указание о почвообразующих породах.

Непосредственный анализ эколого-генетических отношений осуществлялся путем наложения карт зон тепла и увлажнения, а также карты растительности на почвенную карту и последовательного рассмотрения

сопряженности контуров тех или других почв с соответствующими условиями почвообразования (включая и почвообразующие породы). Результаты сопоставления отражены, в частности, в табл. 59.

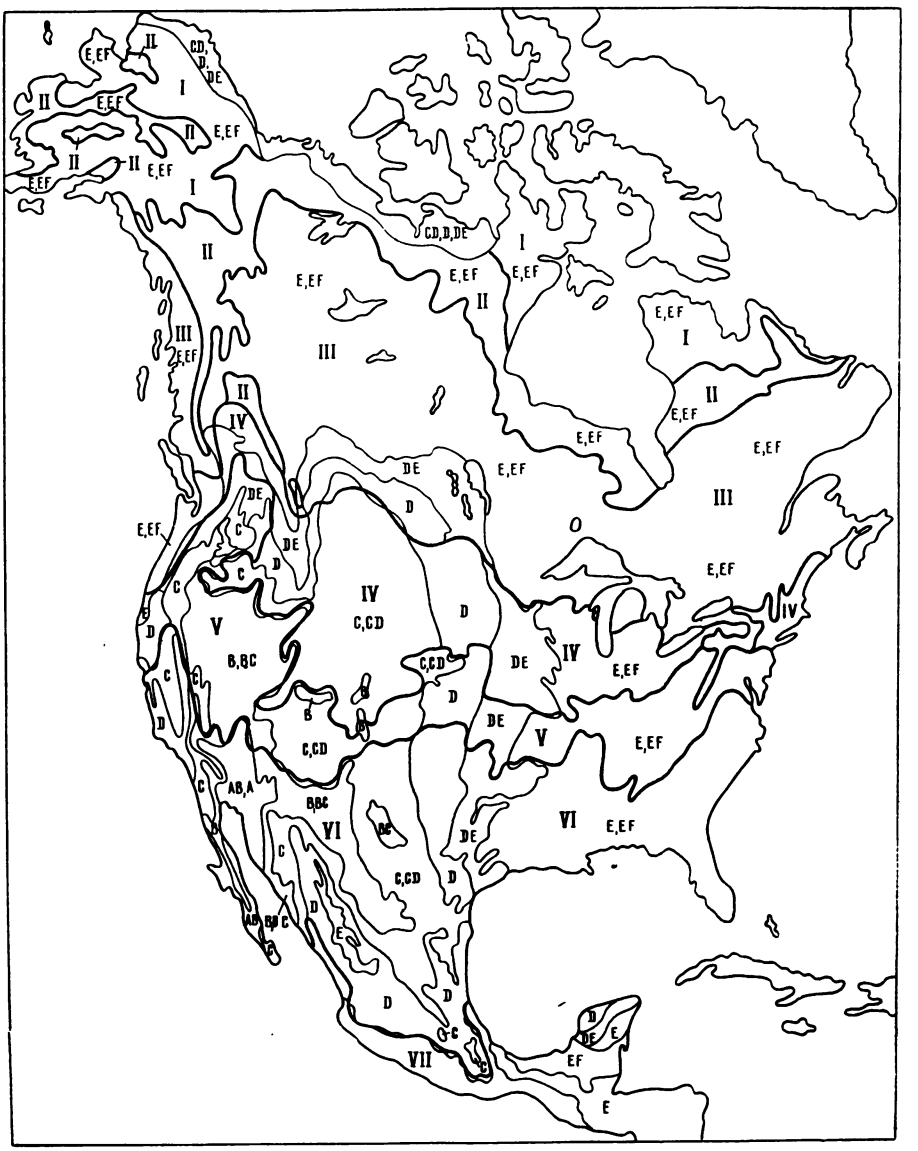


Рис. 54. Почвенные термо- и гидрозоны Северной Америки.
Почвы термозон: *I*—арктические; *II*—субарктические; *III*—умеренно холодные; *IV*—умеренные; *V*—умеренно теплые; *VI*—субтропические; *VII*—экваториально-тропические.
Гидрозоны: *A, AB*—почвы пустынного увлажнения; *B, BC*—почвы полупустынного увлажнения; *C,CD*—почвы сухостепного увлажнения; *D,DE*—почвы уравновешенного увлажнения; *E,EF*—почвы повышенного увлажнения

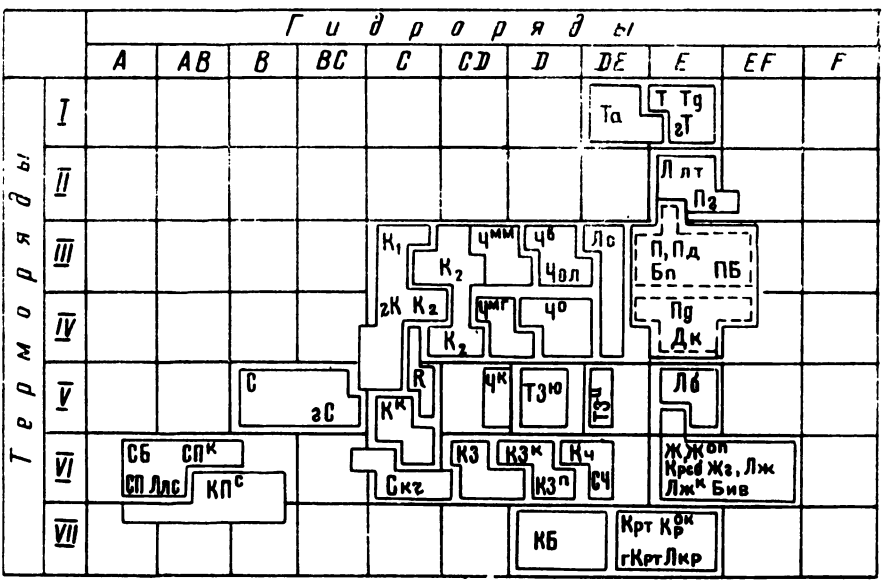
Они позволили более уверенно истолковать природу почв и более строго установить связь их с соответствующими условиями почвообразования в форме карт почвенных термозон и гидрозон (рис. 54).

Отнесение почв к той или другой зоне тепла и увлажнения производилось главным образом на основе установленной почвенной фитоклиматической географической сопряженности.

Знакомясь с табл. 59 и рис. 54, нельзя не согласиться, что почвы действительно объединены в группы, однотипные по водному режиму, как мы его представляем, опираясь на данные о свойствах почв и характере растительности. Правда, в каждую группу входят почвы, довольно различные по генезису. Например, в группу почв гидроряда

Таблица 59

Характерные гидротермические условия почвенных типов и подтипов Северной Америки



высокого увлажнения (*E—EF—F*) включены глеево-подзолистые, подзолистые, бурые лесные, желтоземы. Но не вызывает сомнения, что все они имеют сходные существенные признаки водного режима: развиваются при большом увлажнении с периодическим сквозным током влаги. Аналогично могли бы быть охарактеризованы и почвы других гидрорядов.

Легко видеть, что почвенные гидрозоны размещаются весьма сходно с климатическими гидрозонами (рис. 53 и 54). При этом замечено, что на пространстве Канады и США почвенные гидрозоны находятся в несколько большем соответствии с климатическими гидрозонами, составленными с учетом радиационного баланса земной поверхности, чем по данным средней годовой температуры. По Мексике же почвы хорошо согласуются с гидрозонами, выведенными с использованием в качестве показателя тепла средней годовой температуры.

Связь той или другой почвы с известной растительной формацией одновременно требовала решения и некоторых историко-генетических вопросов. Отношение почвы к основному подразделению соответствующей формации или к переходной определялось с учетом данных об изменении растительности в силу тех или других причин. Конечно, сделано это только в той мере, в какой позволили наличные материалы.

Распределение на пространстве Северной Америки почв по связи их формирования с основными типами растительности—примитивной, деревянистой, степной, луговой, лесолуговой, болотной, солончаковой—показано на рис. 55. По карте отчетливо видно наличие по контакту почв, связанных с травянистой и деревянистой растительными формациями, почв, формирующихся при смене лесной и саванново-лесной растительности травянистой—прерийной, степной и сухостепной.

На пространстве Северной Америки имеются почвы следующих общностей: тундровой, лесотундровой, холоднодерновой, светлоземной, сероземной, каштановоземной, черноземной, дерново-подзолистой, коричневоземной, желтоземной, красно-буроземной, красноземной.

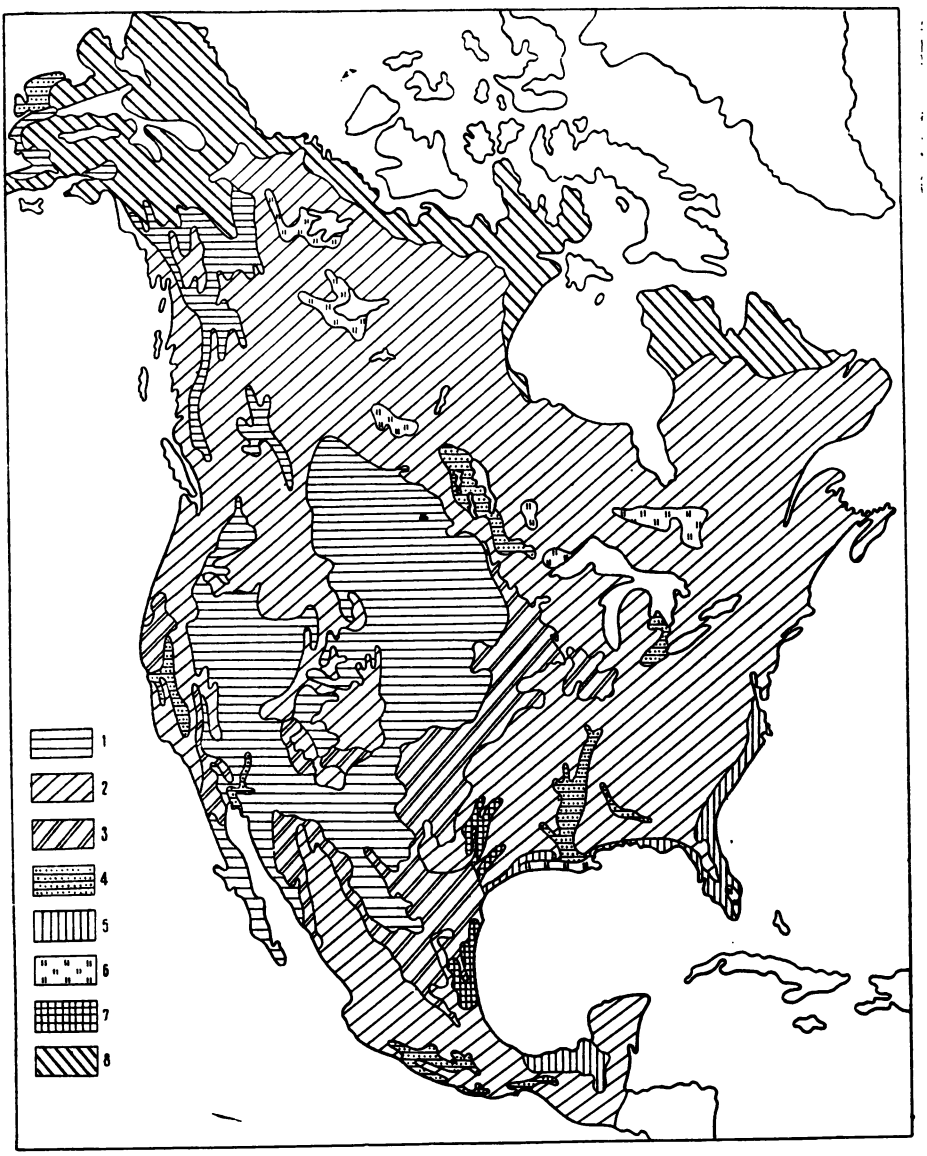


Рис. 55. Почвенные формации Северной Америки:
1—дерновая; *2*—лесная; *3*—подзона фитосмен (дерновой и лесной); *4*—влажно-луговая, *5*—лугово-лесная, 6—торфяно-болотная; *7*—паралуговая; *8*—примитивная

Оказалось также возможным показать районы преобладающего распространения почв каждой из установленных почвенных общностей (рис. 56). Эта карта является по существу картой главных или биоклиматических зон и характеризует существующие соотношения между климатом, растительностью и почвами .

Краткую характеристику почв, их эколого- и историко-генетических соотношений произведем последовательно по каждой общности.

Почвы тундровой общности. На крайнем севере материка Северной Америки развита хорошо выраженная зона тундр. Однако по почвам этой зоны данных очень мало. Между тем, судя по имеющимся кратким характеристикам природы и почв тундровой зоны Северной Америки, здесь представлены почвы разных типов (Леги, 1948; Tedrow a. Hill, 1955; Tedrow, 1948). Несмотря на скудность данных, в составе почв зоны можно разобраться. При этом полезно учесть сведения о почвах советского Севера.

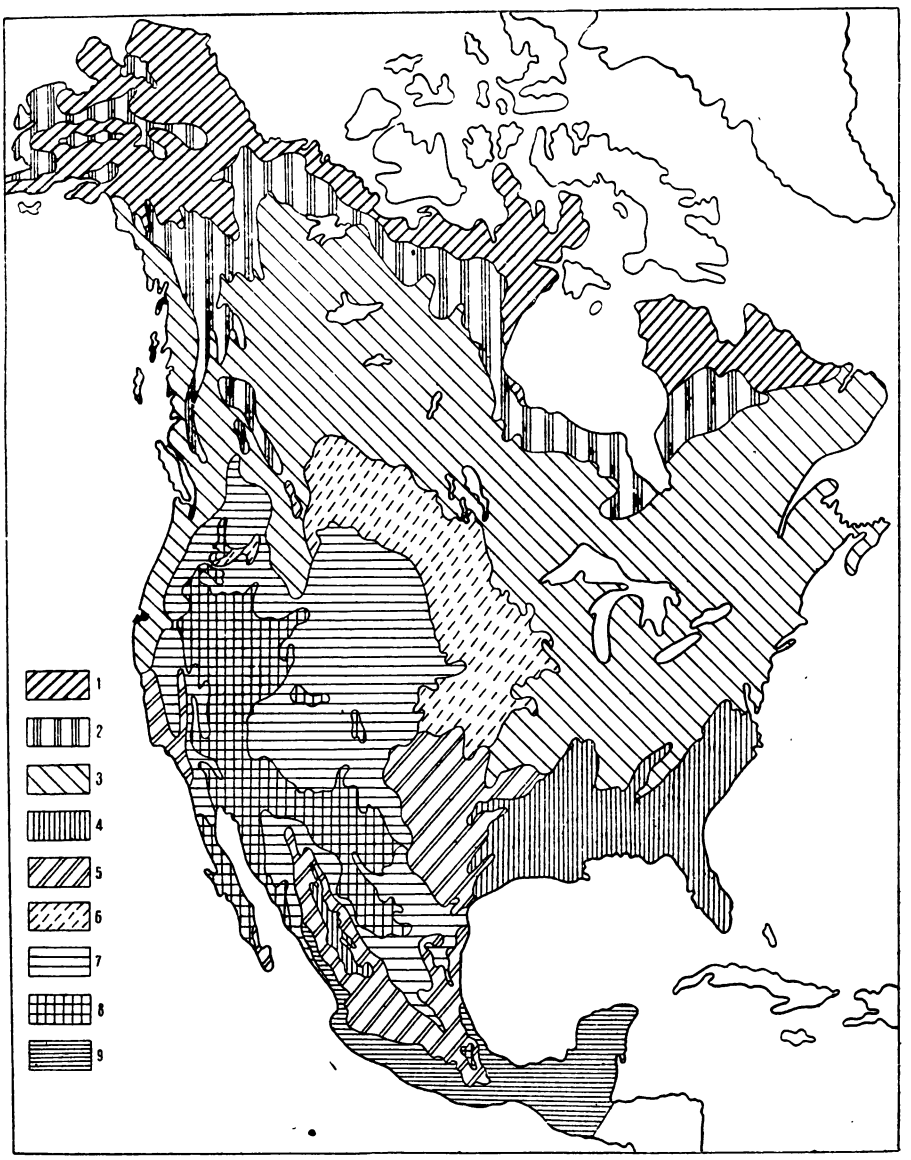


Рис. 56. Главные почвенные зоны Северной Америки:
1—тундровой общности; *2*—лесотундровой общности; *3*—дерново-подзолистой общности; *4*—желтоземной общности; *5*—коричневоземной общности; *6*—черноземной общности; *7*—каштановоземной общности; *8*—сероземной общности; *9*—красно-буроземной общности

Переход от лесотундры к тундре хотя и постепенный, но достаточно четко выражен. По направлению к северу деревья становятся более низкорослыми и изреживаются до тех пор, пока тундровая растительность

не становится господствующей. Для тундры обычно наличие вечной мерзлоты на глубине 0,5—1 *м*.

А. Леги (1948) описал тундровые почвы в районе Аклавика. Он наблюдал комплекс полигональной тундры с обнаженными «минеральными» пятнами сечением 1—2 *м*, разделенными узкими полосками, в которых почва имеет поверхностный слой, богатый органическим веществом. Реакция этого слоя слегка кислая. Под ним прослеживается горизонт серо-бурого цвета, лежащий на слое вечной мерзлоты.

На карте зон увлажнения на севере континента показана зона *DE*— пониженной увлажненности по сравнению с близлежащей лесотундровой зоной. В связи с этим вполне естественно ожидать наличия здесь и почв, связанных с более сухими условиями существования.

Действительно, Тедроу и Хилл (Tedrow a. Hill, 1955; Tedrow, 1968) описали на севере Аляски своеобразные «арктические бурые почвы». Ими подчеркивается приуроченность описанных почв к наиболее дренированным участкам при глубоком залегании слоя вечной мерзлоты и формирование их под травянистой растительностью. Этого типа почвы располагаются на вершинах гряд, близ уступов склонов и аллювиальных террас. Здесь же в условиях большего местного увлажнения указана «влажная» тундра с пятнами, лишенными растительности. Эти дерновые почвы можно сблизить с дерновыми почвами тундр, описанными Е. Ивановой (1952). Наконец, в пределах наиболее высоких широт следует допустить наличие тундровых примитивных «пустынных» почв.

Таким образом, в тундровой зоне американского Севера мы имеем почвы, в общем сходные с почвами советского Севера (Иванова, 1952; Полынцева, 1952 и др.).

Учитывая условия формирования, используя имеющиеся данные о почвах американского Севера, а также опираясь на генетические представления советских исследователей, в тундровой зоне Северной Америки можно различать следующие почвы: арктические пустынные (А1.1); тундроводерновые (Т1.2); тундровые поверхностноглеевые (типичные) (Г1.2); тундровые торфяно-глеевые (Z1.9).

Почвы лесотундровой общности. Между зоной тундры и зоной лесов расположена широкая полоса с рядом переходных черт, но вместе с тем вполне своеобразная, если ее рассматривать как целостный комплекс. Она особенно хорошо выявляется характером растительности и приурочена к холодным и влажным климатическим условиям *(E, EF II)*. Деревья здесь низкорослые и разбросаны небольшими группами, перемежающимися с озерами и торфяниками. В этой зоне, например, севернее озера Онтарио, на поверхности почв отмечается большое накопление органических веществ, а в подпочве — образование глея. Поэтому всюду на участках с ровной поверхностью и тяжелыми глинистыми грунтами формируются торфянистые почвы. Лишь на отдельных более дренированных участках имеются глеевые почвы с подзолистым профилем (Путнам с соавт., 1955).

В условиях хорошего дренажа и более низкого атмосферного увлажнения формируются почвы дернового типа, которые, однако, надо скорее отнести к холоднодерновой общности. Имеются также почвы пойменно-дельтового генезиса (северные луговые аллювиальные).

Следовательно, в лесотундровой зоне надо различать почвы: глеево-подзолистые (Z2.3); торфяно-глеевые (Z2.9); луговые лесотундровые (Z2.5).

Почвы дерново-подзолистой общности. Почвы, принадлежащие дерново-подзолистой зоне, описаны почвоведами Канады и США в составе большого числа типов. Формируются они в условиях холодного и умеренно теплого влажного климата (*E, EF IiI, IV, V*) преимущественно

при участии лесной растительности (юго-восточная часть зоны более влажная, чем северная, что видно и из карты зон увлажнения).

В пределах восточной Канады ясно различают подзолы, бурые, и серо-бурые подзолистые почвы. Описания подзолов отвечают обычным признакам. В бурых подзолистых почвах нет четко выраженного гор. A_2, и они указываются как переходные между настоящими подзолами и серо-бурыми подзолистыми почвами под хвойными и широколиственными лесами в условиях прохладного влажного климата. Следовательно, эти почвы не являются действительно бурыми, их надо скорее рассматривать как дерново-скрытоподзолистые.

Почвы, имеющие серо-бурую окраску верхнего горизонта, обладающие слабокислой реакцией, со слабыми признаками гор. A_2, нередким наличием карбонатов в глубоких горизонтах надо рассматривать в качестве подзолисто-дерновых. К этому же типу следует отнести и описанные Х. Мосе и Р. Арнодом (1955) в Саскачеване под наименованием «серые (подзолистые) почвы» под смешанными лесами. В провинции Альберта места, где ныне развиты описываемые почвы, были покрыты густыми тополевыми лесами, в большинстве своем уничтоженными пожарами. Характерно, что в провинции Альберта среди подзолисто-дерновых почв встречаются отдельными массивами черноземовидные почвы. Зона их распространения хорошо выявляется на карте сельскохозяйственных районов (см. Mille a. o., 1954), как «район лесов и сенокосов». Но большие площади этих почв возделываются. Часто встречаются переувлажненные низины и болота, нередко торфянистые. В приозерных равнинах, в речных поймах отмечены и дерново-луговые почвы.

В пределах США на обширных площадях развиты дерново-подзолистые почвы, формирующиеся на карбонатных породах (карбонатные ледниковые наносы, лессы), которые следует выделить в качестве подзолисто-дерновых остаточнокарбонатных.

В Канадской области прерий на довольно большой площади имеются дерново-карбонатные почвы с темноокрашенным и рыхлым поверхностным слоем. Когда эти почвы подстилаются мергелевым рухляком, гумусовый горизонт их обладает мелкокомковатой структурой.

На сводной почвенной карте США среди серо-луговых подзолистых почв показаны также «буро-желтые» и «серо-желтые» (до красноватых), которые по своему южному положению, формированию под широколиственными лесами (дуб, каштан, желтый тополь) соответствуют бурым оподзоленным почвам.

Таким образом, в составе почв Северной Америки, относимых к дерново-подзолистой общности, надо различать следующие типы: дерново-подзолистые (Т8.3); подзолы (W8.3); перегнойно-карбонатные (J8.3); бурые лесные (U8.3); вторичнодерновые выщелоченные («прерийные») (U8.2(3)); перегнойно-торфяные (П8.7); торфяно-болотные (верховых болот) (П8.9); дерново-глеевые (Т8.5).

Почвы желтоземной общности. К югу от зоны почв дерново-подзолистой общности развита также влажная лесная зона, но находящаяся в условиях другого — субтропического теплового режима (*E, EF VI*). Аналогичные условия характерны для небольшой площади и на западе США (северная Калифорния, западный Орегон). Рельеф разнообразный — волнистый равнинный или горный. Природная растительность — дубовые и сосновые леса.

На почвенных картах во влажносубтропической области США всегда показывались желтоземы и красноземы субтропиков. Общая черта преобладающих почв — слабое развитие гумусового слоя. Профиль красных почв: желтовато-бурый выщелоченный горизонт поверх красного слоя; профиль желтых почв: серовато-желтый выщелоченный горизонт поверх желтого горизонта. Почвы желтоземного профиля

обычно более выражены под хвойным лесом, а красноземного — под листопадным. В действительности же состав почв здесь более разнообразен. Почвы различаются также по степени оподзоленности, в чем сказывается и влияние почвообразующих пород.

Красноземы, развившиеся на известняке, наименее оподзолены («буровато-красные и красные суглинки»), тогда как на кристаллических породах, наряду с буровато-красными почвами, имеются и «серые». М. Ньюн и У. Мак Калеб (Nyun a. Mc Caleb, 1965) считают краснокрашенные почвы (lateritic soils) переходными к красно-желтым подзолистым.

Среди желтоземов также имеются основания различать неоподзоленные и оподзоленные почвы. К речным поймам приурочены луговожелтоземные почвы. Своеобразным случаем таких почв являются луговые, формирующиеся в условиях привноса карбонатного материала. В приморской полосе под низменными лесами развиты серые и более темноокрашенные почвы. Имеются еще болотные почвы внутренних депрессий и приморских низменностей.

Таким образом, среди почв желтоземной общности различаются желтоземы (U10.3); желтоземы параподзолистые (Г10.3); красноземы субтропические (V10.3); желтоземно-глеевые выщелоченные (Т10.6); иловато-болотные выщелоченные (П10.7).

Почвы черноземной общности. Весьма разнообразны почвы, развивающиеся в условиях умеренно влажного, умеренно теплого климата преимущественно под травянистой растительностью степей и прерий, но при участии и других формаций.

Среди почв этой общности прежде всего должны быть указаны хорошо идентифицируемые черноземы. Однако они представлены многими подтипами. Помимо основного ареала черноземов, которые можно отнести к черноземам обыкновенным («северные черноземы» американских авторов), надо еще различать черноземы малогумусные. К указанному подтипу, как свидетельствует анализ климата и растительности, должна быть отнесена крайняя восточная полоса почв, показываемых американскими авторами как каштановые, где, собственно, и можно скорее всего ожидать аналогов черноземов малогумусных (южные) Советского Союза. Почвы же, выделяемые американскими исследователями как «красно-каштановые» или как «черноземы южные», являются уже совсем другим типом и будут рассмотрены при анализе коричневоземной общности.

На юге основной полосы черноземов последние приобретают большое оглинение и описываются как черноземы темные серовато-коричневые с клейпаном.

К северу, уже в пределах прерий Канады, черноземы обыкновенные сменяются выщелоченными, а в районах более сухого и континентального климата — черноземами малогумусными и маломощными. В литературе отмечалось, что область Канады с выщелоченными почвами сходна с черноземной зоной Западной Сибири (Афанасьев, 1930).

Большую сложность для генетического истолкования представляют почвы, в образовании которых можно допускать участие как травянистой, так и лесной растительности. Наиболее просто решается вопрос о серых лесных почвах Канады, формирующихся в условиях лесостепи и обладающих чертами, вполне отвечающими этому типу. Своеобразная почвенная зональность отмечена во внутренних частях Британской Колумбии, где между каштановыми и серыми лесными имеются «черноземовидные» почвы. Они богаты органическим веществом и при орошении позволяют выращивать прекрасные урожаи овощей и фруктов. Этого рода почвы можно рассматривать в качестве черноземов выщелоченных.

Гораздо сложнее обстоит дело с выяснением генетической природы

так называемых прерийных почв, приуроченных к районам высокотравных прерий. Их правильнее всего представить как вторичные почвы, формирующиеся под влиянием дернового процесса на месте некогда бывших здесь бурых лесных почв, возможно, в форме лесостепного ландшафта. Смена произошла, очевидно, под влиянием человека, издавна практикующего здесь палы. Господству травянистой растительности под древесной способствовали общая пониженная увлажненность *(DE)*, малоснежные зимы, не создающие достаточных запасов влаги, низкая относительная влажность воздуха летом, большие колебания в количестве осадков по годам (сухих годов бывает больше, чем влажных).

В настоящее время типичные прерийные почвы — высокогумусные с мелкокомковатой структурой. Американские почвоведы начинают именовать их «бруниземами» (Simonson, Riecker, Smith, 1952).

Среди прерийных почв, южнее основного их массива с темно-коричневым гумусовым горизонтом и желтовато-коричневой подпочвой имеются почвы с окраской верхнего горизонта от темно-коричневой до красновато-коричневой, которые можно именовать «бруниземы южные». По контакту прерийных почв с восточнее расположенными бурыми лесными развиты почвы с очень тяжелым плотным глинистым слоем (клейпан). Последний, несомненно, реликтовый, унаследованный от былой лесной стадии их развития в этой подзоне активных смен почвообразования.

Наконец, среди почв прерий американские исследователи выделяют «планосоли» — своеобразные почвы с уплотненными горизонтами. По наблюдениям советских почвоведов, их следует рассматривать в качестве осолоделых почв.

В итоге к почвам черноземной общности относим следующие типы: черноземы (К7.2); темно-серые лесные (К7.3); серые лесные (N7.3); клейпаны (U7.2); бруниземы (N7.2 (3)); черноземно-луговые (К7.5); солоди черноземные (Л7.3).

Почвы коричневоземной общности. Зона черноземных почв к югу сменяется группой почв, представляющих в генетическом отношении большой интерес.

Как отмечалось выше, ранее эти почвы рассматривались как красно-каштановые, а позже — в качестве «южных черноземов» или темно-коричневых почв. Окраска гумусовых горизонтов их темно-коричневая до красновато-коричневой, книзу светлеет; на глубине 75—150 *см* залегает карбонатный горизонт. Формируются в теплом полувлажном—полусухом климате под смешанными высокими и низкими травами прерий. Среди этих почв выделяются два хорошо различимых подтипа: темно-коричневые тяжелые и очень тяжелые глинистые и красные, преимущественно более легкого механического состава.

Мы склонны рассматривать описываемые почвы в качестве типа дернового почвообразования при глинной фазе минеральных преобразований и именовать их коричневоземами. В более краснокрашенных коричневоземах (коричневоземы красноватые) можно видеть переход к другому типу этой общности, возможно, связанному с лесным почвообразованием и более ферритной корой выветривания.

Наряду с почвами, в генезисе которых ведущая роль, несомненно, принадлежит растительности дерновой формации, существуют почвы, приуроченные к районам лесной растительности или к ее дериватам. Собственно, уже в почвах массива коричневоземов, расположенного в южной части Техаса, можно ожидать отличий, обусловленных влиянием лесной растительности: здесь, согласно карте естественной растительности Бригса и Шантца, соприкасались южные дубовые леса и саванна (мескитная).

В климатических условиях, подобных районам, где развиты коричневоземы *(D, DEVI)*, в районах Калифорнии по склонам Западной

Сьерра-Мадре и в других растительность представлена не дерновой формацией, а южными ксерофитными дубовыми лесами и их дериватом — чапаралем. Состав чапараля разнообразный, но преобладают в нем одно из семейств вересковых, вечнозеленые и кустарниковые дубы. (Чапараль напоминает средиземноморский маквис — Боли, 1948). В этих условиях, в пределах восточных и западных склонов Западной Сьерра-Мадре, на южных плато Мексиканского нагорья и в других районах возвышенностей Мексики развиты почвы, называемые Х. Виво (1951) черноземами. Но, как видим по всему комплексу условий почвообразования, они скорее всего должны быть отнесены к коричневым почвам ксерофитных субтропических лесов и кустарников. В Калифорнии в сходных условиях можно допустить наличие коричневых примитивных почв (слитые, намытые); по-видимому, такие же почвы имеются и на части земель в Техасе. Некоторые коричневые почвы формируются на карбонатных породах и обладают повышенной гумусностью.

Вместе с коричневоземами и коричневыми почвами на пологих склонах и в обширных низинах встречаются темноцветные высококарбонатные почвы, называемые американскими исследователями «грумосоли». По-видимому, в них следует видеть аналоги смолниц и рассматривать как черные субтропические паралуговые.

Итак, представляется возможным различать следующие почвенные типы коричневоземной общности: коричневые лесные (R9.3); коричневоземы (R9.2); черные субтропические паралуговые (L9.4); коричнево-луговые (R9.5).

Почвы каштановоземной общности. В следующей за черноземной по аридности климата зоне Северной Америки, согласно картам американских почвоведов, преобладающее распространение имеют каштановые почвы, иногда называемые еще бурыми.

На почвенной карте США бурые почвы подразделяются на 4 группы: 2 группы среди северных, более темных, или собственно каштановых — почвы равнин и горные и 2 («северная» и «южная») среди «бурых», формирующихся под низкотравной степной растительностью, а также кустарниками. Сопоставление всех четырех групп каштановых почв приводит к заключению, что среди них имеются собственно каштановые и темно-каштановые почвы сухих степей (под «низкими» и «средними» травами). Что касается «темно-бурых горных» почв, то они оказываются приуроченными к горным ксерофитным сосновым лесам (сосновые и можжевельниковые). Эти почвы могут быть отнесены к коричневым карбонатным (светло-коричневые). Распространенные здесь же почвы, именуемые каштановыми, можно рассматривать в качестве коричневых карбонатных на месте сведенных аридных лесов.

«Бурые южные» почвы приурочены к кустарниковым (мескитовые) саваннам. Климатические условия, кустарниковая растительность, близкое соседство с оглиненными коричневоземами дают основание видеть в них серо-коричневые почвы, поскольку для последних в качестве характерного признака указывается именно выраженное оглинение.

Не ясна генетическая природа краснокрашенных почв, показываемых рядом с коричневыми и каштановыми: не являются ли эти почвы терра-росса?

В итоге краткого рассмотрения почв каштановоземной общности устанавливаем в ее составе следующие почвенные типы: каштановые (K6.2); светло-коричневые (F6.3); серо-коричневые (R6.3); терра-росса (M6.3).

Почвы сероземной и светлоземной общностей. В условиях засушливого Запада в его северной полосе *(B, BCIV, V)* под полынной расти-

тельностью выделяются сероземы, и по глинистым понижениям — солончаки. В южной части засушливого Запада (Калифорния, Аризона, в Мексике — побережье Калифорнийского залива) на почвенных картах американских исследователей устойчиво указывается наличие красноокрашенных, часто бескальциевых, пустынных почв. Так, на карте Марбута (1935) показаны «южные сероземы пустынь», на гораздо более детальной карте Ч. Келлога (1938) — красные почвы пустынь, а на его последней карте — серые, бурые и красные почвы пустынь. Таким образом, неизменно отмечается различие между почвами пустынь севера и юга. Правда, в литературе отмечалось (Афанасьев, 1930), что красноокрашенные почвы далеко не являются преобладающими.

Действительно, условия почвообразования здесь во многом иные, чем в северной части засушливого Запада. Южная часть засушливого Запада и восточные районы Мексиканского нагорья выделяются большой сухостью (гидрозоны *A, AB, B*) и высоким температурным уровнем. По средней годовой температуре эта область относится к термозоне *VI* — субтропической. Причем можно говорить об определенном сдвиге признаков в сторону тропического климата. Так, средняя температура воздуха в январе равна 8—15° — такая же, как, например, в северной Африке по периферии Сахары. Это позволяет вызревать финикам (хотя и есть опасность морозов), произрастать кактусам. Летом же температура почвы оказывается выше 50°. Отдельные растения разбросаны здесь на большом расстоянии друг от друга (обычен креозотовый куст).

Почвенные условия этой зоны можно рассматривать как переходные между пустынными светлоземами умеренного климата и «красно-светлоземами» тропическими. При этом характерно наличие на предгорных участках каменистых известковистых почв.

Наряду с районами с крайне сухими экологическими условиями в пределах засушливой части Мексики имеются районы и менее аридные — с климатом гидрозон *B, BC*, т. е. тех же, в условиях которых на севере (например, в штатах Индиана, Невада, Юта) распространены сероземы «северные». Но сближать почвы этих двух областей, по-видимому, не следует в силу очень больших различий в климате и растительности. Климат в упомянутой части Мексики по температурному режиму приближается к тропическому; в растительном покрове преобладают кактусы, агавы, юкки, сотоль, мескит, восковник, гваюла и др. (Виво, 1951). А. Боли (1948) указывает на близость здешнего пейзажа сенегальскому.

Аналитические данные обнаруживают выщелоченность почв от карбонатов, более или менее кислую реакцию, оглиненность средней части профиля. Полагаем, что это почвы класса О.

Как видим, среди почв засушливого Запада мы должны иметь в виду наличие почв сероземной и светлоземной общностей. Среди почв сероземной общности будем различать сероземы (F5.2), примитивные песчаные (А5.1″); сероземно-луговые (К5.5); солончаки (Э5.10); к светлоземной—отнесем светлоземы (F4.2); серо-бурые бескальциевые почвы (О4.2).

Почвенные общности тропического пояса. В крайних южных районах Мексики, а также на пространстве Гватемалы, Никарагуа, Гондураса почвы формируются в высокотермических условиях (термозона *VII*), но при довольно различном увлажнении. На полуострове Юкатан, на приморских равнинах у западных склонов гор Сьерра-Мадре увлажнение близко уравновешенному (гидрозоны *D, DE*). В других же районах американского перешейка увлажнение повышенное (гидрозоны *E, EF*). Такие существенные климатические различия находят глубокое отражение и в характере растительности. В более увлажненных районах развиты тропические дождевые леса — гилеи (сельва). В западных же

районах, более сухих, представлены тропические безлиственные в сухое время года леса, менее густые, чем гилеи, именуемые еще «светлыми», а на полуострове Юкатан — даже саванна, образованная главным образом травянистой растительностью.

В районах, соответствующих тропическим влажным лесам, М. Бромбила (приводим по Виво, 1951) показывает красноземы, а на юге полуострова Юкатан—желтоземы, относя и те и другие к латеритным почвам. Почвы, выделенные М. Бромбила в тропическом поясе как «черноземы» (как и на Мексиканском нагорье), можно рассматривать в качестве красно-бурых почв светлых тропических лесов уравновешенного увлажнения *(D, DEVII)*.

На почвенной карте Мексики, на прибрежной равнине от штата Халиско до перешейка Теуантепек и в депрессии Бальсас показаны луговые подзолистые почвы. Генезис их не вполне ясен. По-видимому, это почвы переменного увлажнения при достаточном дренаже, когда в периоды переувлажнения могут возникать явления оглеения и опесчанивания. Подобный режим увлажнения вполне возможен в условиях местного климата с резко выраженным летним максимумом дождей и очень малодождливой, но теплой зимой.

В области влажного климата в заболоченных вследствие частых разливов больших рек районах на почвенной карте Мексики выделены глеевые почвы. На низменностях Мексиканского залива имеются и мангровые болота. В пределах полуострова Юкатан Бромбила указывает и «рендзины», — по-видимому, луговые карбонатные почвы красноземной зоны.

Таким образом, мы должны допустить наличие в рассматриваемом поясе почв красно-буроземной и красноземной общностей. В составе почв первой имеем один тип — красно-коричневые саванн (Y14.2); а в красноземной общности: красноземы влажнотропические (V15.3); красные саванновые (V15.2(3)); глеево-песчаные (Д15.5).

В итоге выполненного эколого-генетического анализа почвенного покрова Северной Америки выясняется наличие на пространствах этого континента генетических типов с распределением по почвенным общностям, представленных в табл. 60. Система почв континента приведена в табл. 61.

Представляло интерес выяснить, в каком соотношении находится распределение почв по классификации автора и по «7-му приближению». Простое наложение составленной почвенной карты на карту Департамента земледелия США (1967) во многих случаях обнаружило полное соответствие. Например, почвы порядка моллисолей вполне очевидно совпадают с почвами черноземной общности, почвы подпорядка удултс— с желтоземами и красноземами субтропиков и т. д. Но есть и расхождения, вполне объяснимые различиями в принципах подразделения почв по сопоставляемым классификациям. В частности, большой контур на почвенной карте Департамента земледелия США с почвами подпорядка устолс в действительности охватывает каштановые, черноземы, коричневоземы («прерийные шоколадные»). Поэтому мы пришли к заключению о нецелесообразности попыток прямого сопоставления выделов почв по данным классификациям.

2. Почвы Южной Америки

Почвенный покров Южной Америки изучен в гораздо меньшей степени, чем других континентов. Но и в Южной Америке почвенные исследования в последние годы ведутся все более широко. К сожалению, автор располагал ограниченными материалами по почвам Южной Америки и использовал лишь схематические почвенные карты с краткими очерками А. Маттея (Mattei, 1939) и Ф. Харди (Hardy, 1942), очерк по почвам Колумбии Г. Иенни (Jenny, 1948), монографию по почвам Бра-

Таблица 60

Распределение генетических типов почв Северной Америки по почвенным общностям

Почвенные общности	Генетические типы
1. Тун дровая	A1.1 — арктические пустынные (арктопустынные) T1.2 — тундроводерновые Г1.2 — тундровые типичные (поверхностно-глеевые) Z1.9 — тундровые торфяно-глеевые
2. Лесотундровая	Z2.3 — глеево-подзолистые Z2.9 — тофянисто-подзолисто-глеевые Z2.5 — луговые лесотундровые
3. Холоднодерновая	T3.2 — холоднодерновые
4. Светлоземная	F4.2 — светлоземы O4.2 — серо-бурые бескальциевые
5. Сероземная	A5.1″ — примитивные песчаные F5.2 — сероземы K5.5 — сероземно-луговые Э5.10 — солончаки хлоридно-сульфатные (типичные)
6. Каштановоземная	K6.2 — каштановые F6.3 — светло-коричневые R6.3 — серо-коричневые M6.3 — терра-росса
7. Черноземная	K7.2 — черноземы K7.3 — темно-серые лесные N7.3 — серые лесные U7.2 — клейпаны N7.2(3) — бруниземы K7.5 — черноземно-луговые Л7.3 — солоди черноземные
8. Дерново-подзолистая	T8.3 — дерново-подзолистые W8.3 — подзолы J8 3 — перегнойно-карбонатные U8.3 — бурые лесные U8.2 (3) — вторичнодерновые выщелоченные («прерийные») П8.7 — перегнойно-торфяные П8.9 — торфяно-болотные T8.5 — дерново-глеевые
9. Коричневоземная	R9.3 — коричневые лесные R9.2 — коричневоземы L9.4 — черные субтропические паралуговые (грумосоли) R9.5 — коричнево-луговые
10. Желтоземная	U10.3 — желтоземы Г10.3 — желтоземы параподзолистые V10.3 — красноземы субтропические T10.6 — желтоземно-глеевые П10.7 — иловато-болотные выщелоченные
14. Красно-буроземная	Y14.2 — красно-коричневые саванн
15. Красноземная	V15.3 — красноземы влажнотропические V15.2 (3) — красные саванновые Д15.5 — глеево-песчаные

Класс почв	Почвенные общности											
	1. Тундровая	2. Лесотундровая	3. Холодноподерновая	4. Светлоземная	5. Сероземная	6. Каштановоземная	7. Черноземная	8. Дерново-подзолистая	9. Коричневоземная	10. Желтоземная	14. Краснобуроземная	15. Краснозем ная
A. Примитивный	A1.1′				A5.1″							
F. Аккумулятивноизвестковый				F4.2	F5.2	F6.3						
J. Гуматноизвестковый								J8.3				
K. Сиаллитный кальциевонасыщенный					K5.5	K6.5	K7.2,3,5					
L. Слитноглинный									L9.2			
M. Феррсиаллитный известковый						M6.3						
N. Сиаллитный кальциевовыщелоченный							N7.2(3)					
O. Глинный кальциевовыщелоченный				O4.2								
R. Глинный насыщенный						R6,3			R9.2,3,5			
T. Сиаллитный ненасыщенный	Г1.2		T3.2					T8.3,5		T10.6		
U. Глинный ненасыщенный							U7.2	U8.2(3)		U10.3		
V. Ферритный ненасыщенный										V10.3	V14.2	V15.2(3)3
W. Гумусовоопесчаненный								W8.3				
Z. Сиаллитный глеевый ненасыщенный	Z1.9	Z2.5.9										
Г. Глинно-глеевый ненасыщенный	Г1.2									Г10.3		
Д. Глеево-опесчаненный												Д15.5
Л. Сиаллитный глеево-щелочной							Л7.3					
П. Грубогумусово-торфянистый								П8.7.9		П10.7		

зилии в области Амазонки В. Самброка (Sombroek, 1966); доклад Д. Брамао и Р. Лемоса (Bramao a. Lemos, 1961) о почвенной карте Южной Америки, работы Д. Брамао и Р. Саймонсона (Bramao, Simonson, 1956); М. Д. Дроздова, Ф. Гуведо, К. Замора (Drosdoff, Quevedo, Zamora, 1961); Р. Коста де Лемоса, Я. Бенема (Costa de Lemos, Bennema, 1960); географические наблюдения по Бразилии И. П. Герасимова (1959); а также общегеографические работы по Южной Америке П. Джемса (1949), А. Д. Гожева (1948), Е. Н. Лукашовой (1958).

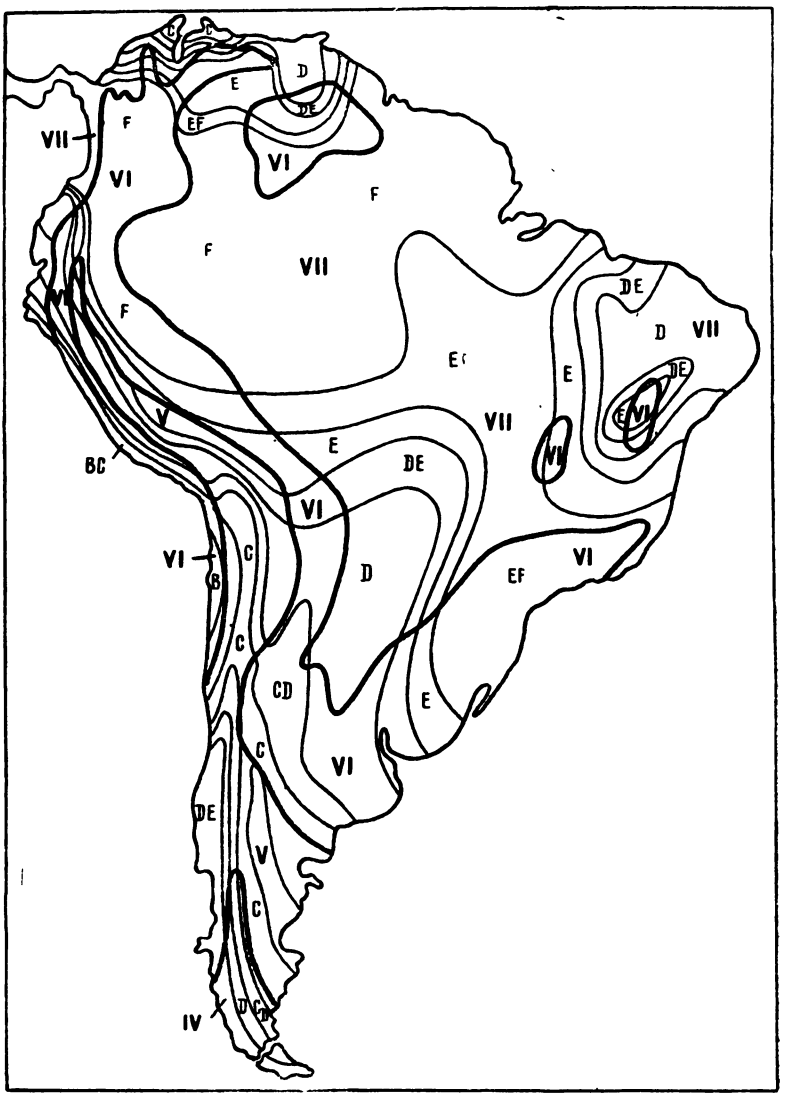


Рис. 57. **Климатические зоны тепла и увлажнения Южной Америки.**
Зоны тепла: *IV*—умеренная; *V*—умеренно теплая; *VI*—теплая (субтропическая); *VII*—жаркая (экваториально-тропическая).
Зоны увлажнения: *BC*—сухая; *C,CD*—недостаточного увлажнения; *D,DE*—уравновешенного увлажнения; *E,EF*—повышенного увлажнения

Эколого-генетический анализ почвенного покрова Южной Америки осуществляется в том же порядке, что и по другим континентам, но, естественно, был более схематичным, а порой носил приближенный или даже провизорный характер.

Вначале на основе всех выявленных климатических данных составлены карты зон тепла и увлажнения (рис. 57). При этом на пространстве Южной Америки выявлена широкая гамма зон тепла *(IV, V, VI, VII)* и еще большие различия в увлажнении — от полупустынного *(B, BC)* до высокого *(EF, F)*. Затем были учтены описания и карты растительности. Наконец, предпринята попытка составить почвенную карту, опираясь на все имевшиеся данные — почвенные и экологические.

В итоге удалось представить почвенный покров Южной Америки с большей детальностью, чем на почвенных картах Ф. Харди и других авторов. Приводим предварительный список почв Южной Америки:

латосоли каолинитовые
красноземы тропические
красноземы саванновые
грунтововодные латериты
влажнотропические опесчаненные
отбеленные глеевые
красно-бурые саванн
каолинитовые насыщенные
желтоземы
красноземы субтропические
желтоземы, переходные к бурым лесным
желтоземо-аллиты
желтоземы опесчаненные
глеевые субтропические
коричневоземы
коричневые выщелоченные
черноземовидные почвы пуны
серые лесные
бурые лесные
подзолистые (зоны парамо)
каштановые
серо-коричневые
сероземы
бурые пустынно-степные
горно-луговые
луговые разных зон
лугово-болотные почвы.

Разбор почвенных и экологических данных привел к заключению о наличии в почвенном покрове Южной Америки почв следующих общностей: холоднодерновой, дерново-подзолистой, сероземной, каштановоземной, черноземной, коричневоземной, желтоземной, красно-буроземной, красноземной (рис. 58).

В качестве представителей холоднодерновой общности рассматриваются горно-луговые почвы лугового пояса Анд (T3.2). Луга на Огненной Земле начинаются на высоте 400—700 *м* и по мере продвижения к более низким широтам их нижняя граница поднимается до 2000 *м*. В составе разнотравной растительности имеются и бореальные формы.

По нижней границе горно-луговой пояс соприкасается с буковыми лесами, существующими в условиях уравновешенного увлажнения *(DE)*, под которыми естественно ожидать бурые лесные почвы (U8.3). Однако в более влажных условиях возможны и подзолистые почвы (W8.3). На наличие подзолистых почв в горной области Колумбии указывает и Г. Иенни, проставив их знак на климатическом ареале «cold humus soils».

Черноземы вероятны в пределах степей Патагонии (K7.2). Здесь же под лесами, но при уравновешенном увлажнении порядка *D, DE*, возможно наличие серых лесных почв (N7.3), на которые указывал А. Матей для лесной области.

В области полупустынь Ф. Харди показывает серые пустынные почвы. Действительно, Д. Брамао и П. Лемос отмечают наличие сероземов (F5.2) в аридных районах Эквадора, Перу, Аргентины. Но в ряде мест состав растительности своеобразный — кустарники, опунции и другие кактусы. По-видимому, к этим местообитаниям приурочены бурые (K5.2) и красные аридные почвы, выделенные названными авторами. Среди последних почв могут быть и бескальциевые, подобные некоторым бурым полупустынным Евразии (O5.2).

Каштановые почвы показаны на карте Ф. Харди крупным массивом в районах климата, действительно отвечающего этим почвам *(C, CDIV, V)*, и под сухими кустарниковыми степями. При этом в более южной части степей и в тех же условиях увлажнения *CD* Ф. Харди показывает «светлые бурые земли». Принимая во внимание, что этот район

лежит уже в субтропическом поясе (термозона *VI*), вполне вероятно отнести почвы к серо-коричневым (R6.3). Возможно, Д. Брамао и П. Лемос именно эти почвы именуют «красными каштановыми».

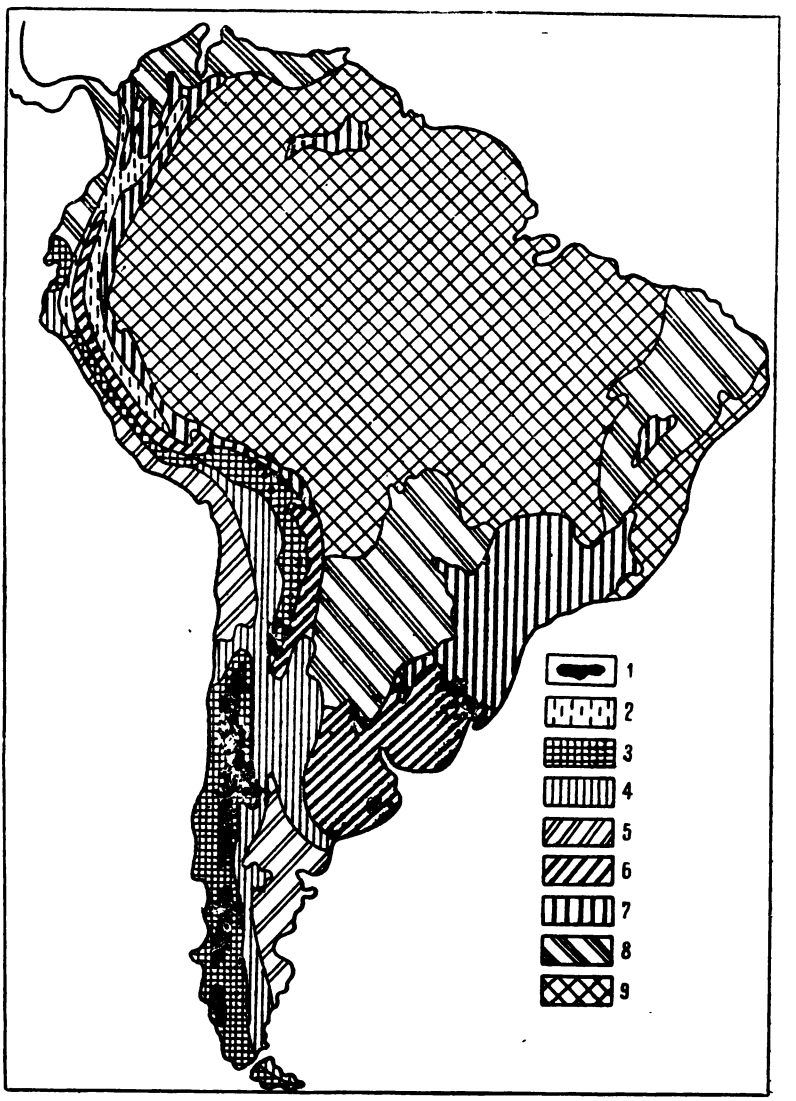


Рис. 58. Главные почвенные зоны Южной Америки:
1—холоднодерновой общности; *2*—дерново-подзолистой общности; *3*—черноземной общности; *4*—каштановоземной общности; *5*—сероземной общности; *6*—коричневоземной общности; *7*—желтоземной общности; *8*—красно-буроземной общности; *9*—красноземной общности

Климатические условия, отвечающие почвам коричневоземной общности — *D, DEVI,* т. е. условия уравновешенного увлажнения субтропического пояса, характерны для большой территории Уругвая, его травянистой области — пампы. Учет всех данных позволяет видеть здесь почвы 2 типов: в более южной и несколько более сухой части пампы — коричневоземы (R9.2), в северной более увлажненной — более выщелоченные почвы, которые можно рассматривать как переходные между коричневоземами и желтоземами, но формирующиеся под пампой (U9.2). По-видимому, среди коричневоземных почв встречаются и гру-

мосоли—черные субтропические паралуговые (L9.4), а также паратерра-росса (M9.2).

На юге Аргентины обширная область имеет влажнотропический климат (*E, EFVI*) и покрыта лесами, субтропической саванной и травянистой пампой. Понятно, что уже сами экологические условия должны определить значительные различия между формирующимися здесь почвами. На картах Ф. Харди и А. Маттея под влажными лесами здесь показаны красные почвы. Их вполне основательно следует отнести к красноземам субтропическим (V10.3). Но здесь же имеются и горные массивы с высотами 1000 *м* и более, где под горными влажными лесами вполне реально ожидать наличие желтоземов (U10.3). Наконец, в этой же южной части Аргентины выделены (Bramao, Simonson, 1956) в качестве особо типа «rubrozems» почвы с темным, богатым гумусом гор. А, красным гор. B_2 и очень выщелоченные (pH 4,2—4,3). Они развиты в области «grass land», или пампы. Эти почвы надо рассматривать в качестве дернового эквивалента красноземов субтропических и сохранить за ними наименование руброземов (V10.2).

На северо-востоке Аргентины и в северной части Венесуэлы имеем умеренно влажный климат тропиков *(D, DEVII)*, своеобразную саванновую растительность: восточнобразильская саванна — каатинги и северовенесуэльская саванна — чапараль. В этих условиях, по аналогии с другими континентами, естественнее всего ожидать преобладания красно-бурой почвы. Но на карте Ф. Харди здесь показано сочетание «зональных и интразональных» тропических почв: красных земель, отбеленных почв, грунтоводных латеритов с подзолами. Показ на карте этого сочетания подтверждает предположение о принадлежности «красных земель» к типу красно-бурых (V14.3) и тогда грунтоводные латериты будут латеритизированными опесчаненными (ДР14.3), а «подзолистые», очевидно, надо отнести к глеево-опесчаненным (Д14.6), располагающимся скорее всего по речным поймам и местным депрессиям.

В этой же области Р. Лемос и Я. Беннема описали своеобразные «подзолистые почвы на карбонатном песчанике», отличающиеся явным преобладанием в минеральной части каолинита, но почти вполне насыщенные (pH около 5—7). Для условий их распространения характерна резкая контрастность увлажнения на протяжении года. Полагаем возможным рассматривать их принадлежащими к типу Ж14.3 (класс Ж—аллитный насыщенный).

Наконец, перейдем к основной области Бразилии — Амазонской низменности и прилегающим к ней с севера и юга обширным пространствам саванн. Здесь характерен экваториально-тропический климат с высокой увлажненностью *(EF, F)*. Растительность — влажнотропические леса (гилеи), а в прилегающих более возвышенных районах — саванна.

Генетическая природа почв во многом проявлена в работе В. Самброка. Он указывает для области Амазонки следующие почвы: каолинитовые латосоли и каолинитовые латосольные пески; красно-желтые латосоли; темно-красные латосоли; красно-желтые подзолистые, красно-желтые средиземноморские; литосоли, грунтоводные латеритные; гидроморфные серые подзолистые; грунтоводные подзолы и белые пески—регосоли; низкогумусные глеевые и гумусово-глеевые; засоленные щелочные; «терра прета». Из менее распространенных выделены еще терра-росса, грумосоли, бескальциевые бурые почвы, кислые лесные, подобные бурым и др.

Приведенные В. Самброком описания почв и аналитические данные позволяют каолинитовые и красно-желтые латосоли отнести к классу Б — аллитному (Б15.3). Темно-красные латосоли, очевидно, принадлежат классу V — ферритному ненасыщенному (V15.3). Красно-желтые

подзолистые почвы можно рассматривать в качестве промежуточного типа между двумя предыдущими (V-Б15.3), поскольку даже в латосолях «орто» всегда обнаруживается горизонт лессиважа, или «подзолизации». Грунтоводные латериты легко сопоставляются с классом Д— глеевого опесчанивания на аллитной основе (Д15.3). Почвы, называемые

Таблица 62

Распределение генетических типов почв Южной Америки по почвенным общностям

Почвенные общности	Генетические типы
3. Холоднодерновая	Т3.2 — холоднодерновые (горно-луговые)
5. Сероземная	F5.2 — сероземы K5.2 — бурые и красно-бурые пустынно-степные O5.2 — бурые аридные бескальциевые
6. Каштановоземная	K6.2 — каштановые R6.3 — серо-коричневые
7. Черноземная	K7.2 — черноземы N7.3 — серые лесные
8. Дерново-подзолистая	U8.3 — бурые лесные (ненасыщенные) W8.3 — подзолы
9. Коричневоземная	K9.2 — коричневоземы U9.2 — желто-коричневые L9.4 — черные субтропические паралуговые M9.2 — паратерра-росса (красно-коричневые)
10. Желтоземная	V10.3 — красноземы субтропические U10.3 — желтоземы V10.2 — руброземы
14. Красно-буроземная	V14.3 — красно-бурые ДР14.3 — латеритизированные опесчаненные Д14.6 — глеево-опесчаненные луговолесные Ж14.3 — аллиты насыщенные
15. Красноземная	Б15.3 — латосоли каолинитовые V15.3 — красноземы влажнотропические V-Б15.3 — красно-желтые параподзолистые Д15.3 — латосоли опесчаненные (с латеритом) Д15.6 — отбеленные лугово-лесные Z15.6 — гумусово-глеевые влажнотропические

В. Самброком грунтоводными подзолами и белыми песками — регосолями, очевидно, являются крайними подтипами почв класса Д. В своих глубоких горизонтах они всегда имеют латеритный слой или даже латеритную плиту («plinthitic soils»).

Своеобразными, по-видимому, почвами класса Д будут гидроморфные серые подзолистые почвы. Они развиваются в условиях затрудненного дренажа, имеют с поверхности серый цвет, отбеленный гор. A_2, уплотненный гор. В, пятнистый горизонт, но без латеритного слоя. Ф. Харди связывает их с наносами, бедными железом. В нашем представлении, это почвы класса Д, но развивающиеся на относительно мо-

лодых наносах. По-видимому, их следует связать с влажнолугово-лесной формацией (Д15.6).

Отметим еще почвы «терра прета», под которыми В. Самброк имеет в виду окультуренные каолинитовые латосоли (Б^{к} 15.2); малогумусные и гумусово-глеевые,—это почвы речных пойм (Z15.6).

Произведенный обзор почв Южной Америки, несмотря на его краткость и схематичность, позволил выявить довольно большое число типов почв весьма различной природы, которые надо отнести к почвенным общностям, представленным в табл. 62.

ЧАСТЬ IV

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОЧВЕННЫХ ТИПОВ

ГЛАВА 21

ГЛАВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ВЫДЕЛЕННЫХ КЛАССОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Эколого-генетический анализ почвенного покрова на примере Евразии, Кавказа, Африки, Южной и Северной Америки позволил выявить основное разнообразие генетических типов почв мира. Конечно, при этом не мог не сказаться мелкий масштаб исходных почвенных карт, поскольку могли ускользнуть от внимания типы почв, относительно мало распространенные. Хотя заметим, что опыт эколого-генетического анализа на примере почв Кавказа показал, что использование более крупномасштабных карт расширяет представление о почвенном покрове главным образом в отношении подтипового разнообразия и очень незначительно пополняет список генетических типов почв, установленных по этой части суши при анализе почвенного покрова Евразии. Очевидно также, что не выявлены должным образом и генетически подчиненные типы почв, обычно слабо отражаемые на мелкомасштабных картах. Наконец, некоторые пробелы в картине действительного типового разнообразия почв могли быть обусловлены и тем, что не был выполнен эколого-генетический анализ по Австралии с использованием новейших материалов.

Тем не менее с достаточной уверенностью можно сказать, что в результате проведенного анализа почвенного покрова континентов выявлено основное типовое разнообразие почвенного покрова мира в отношении генетически самостоятельных типов почв. В общем итоге отмечено 136 генетических типов почв. При этом среди выделенных типов почти половина приходится на генетически самостоятельные, а остальную часть составляют примитивные и генетически подчиненные (луговые, лесолуговые и др.).

Все выделенные генетические типы представлены в сводной системе почв мира (см. табл. 15). Как видим, хотя большое число мест в таблице не заполнено (а многие вообще не могли быть заполнены как «запрещенные»), все же становится вполне очевидным, что выявленное число типов довольно широко представляет реальное многообразие почв.

Но итог выполненной работы надо видеть не только в выявлении типового состава почв мира и успешной систематизации их на единой основе: сама систематизация типов почв открывает новые возможности для дальнейшего углубления понимания коренных различий между почвами и основных законов их развития.

В самом деле, если на первом этапе оформления и обоснования системы почв главной задачей было установление ее общих оснований и фактические сведения о почвах привлекались именно в связи с этими

целями, то после того как система была использована для классификации почв и выявленные генетические типы оказались распределенными по конкретным рядам, сами эти ряды почв создавали новые возможности для более полного понимания как главного общего в отдельных рядах почв, так и наиболее существенных отличий объединенных в них почв.

Имея в виду эти новые возможности, создаваемые системой почв, рассмотрим вначале ряды почв, отнесенные к разным классам почвообразования, а затем — и по почвенным общностям.

Приводим распределение выделенных типов почв по классам почвообразования:

Класс А — примитивный

A1.1 — арктические пустынные
A1.2 — морознокаменниковые
A4.1″ — светлоземы песчаные
A4.1‴—3 — такырные
A5.1″ — примитивные песчаные
A5.1‴ — сероземы такыровидные
A11.1′ — пустыннокаменниковые
A11.1″ — краснопески
A11.1‴ — такырные тропические

Класс В — щелочной

B5.2 — солонцы сероземные
B6.2 — солонцы сухостепные
B6.5 — солонцы лугово-степные
B7.2 — солонцы черноземные
B9.2 — солонцы субтропические
B11.2 — солонцы пустыннотропические

Класс С — сиаллитно-оглиненный щелочнодеградационный

C4.2 — серо-бурые
C5.2 — сероземно-бурые

Класс D — феррсиаллитный щелочнодеградационный

D11.2 — почвы рэгов

Класс F — аккумулятивноизвестковый

F4.2 — светлоземы
F4.3 — саксаульниковые
F5.2 — сероземы
F6.2 — темные сероземы
F6.3 — светло-коричневые
F11.2 — светлоземы полупустыннотропические
F11.5к — культурнополивные (оазисные)

Класс I — феррсиаллитный обызвесткованный

I11.2 — краснопустынные

Класс J — гуматноизвестковый

J8.3 — перегнойно-карбонатные
J9.3 — коричневые остаточнокарбонатные

Класс К — сиаллитный кальциевонасыщенный

K5.2 — бурые пустынно-степные
K5.5 — сероземно-луговые
K5.6 — тугайные
K6.2 — каштановые
K6.5 — каштаново-луговые
K6.6 — каштаново-лугово-лесные
K6.7 — перегнойно-болотные карбонатные
K7.2 — черноземы
K7.3 — темно-серые лесные
K7.5 — черноземно-луговые
K11.5 — луговые пустыннотропические
K12.5 — луговые тропической полупустыни
K13.5 — луговые ариднотропические
K13.6 — тугайные ариднотропические
K14.5 — луговые саванновые
K14.6 — лугово-лесные тропические
K15.5 — луговые влажнотропические
K15.6 — лугово-лесные влажнотропические

Класс L — слитноглинный

L6.2 — серо-коричневые слитые
L7.2 — слитые черноземные
L9.2 — черные субтропические
L9.2(3) — коричневоземы слитые
L9.4 — черные субтропические паралуговые (смолницы)
L12.4 — черные луговатые ариднотропические
L13.4 — черные луговатые сухосаванновые
L14.2 — черные тропические
L14.4 — черные луговатые саванновые
L15.4 — маргаллитные

Класс М — феррсиаллитный известковый

M6.3 — терра-росса
M9.2 — паратерра-росса
M11.2 — желто-бурые подпустынные
M12.2 — бурые субсаванновые

Класс N — сиаллитный кальциевовыщелоченный

N7.2(3) — бруниземы
N7.3 — серые лесные
N8.2 — лугово-черноземовидные

Класс О — глинный кальциевовыщелоченный

O4.2 — серо-бурые бескарбонатные
O5.2 — бурые аридные карбонатные

Класс Р — феррсиаллитный выщелоченный

P12.3 — красно-бурые выщелоченные
P13.2 — феррсиаллитные сухосаванновые

Класс R — глинный насыщенный

R6.3 — серо-коричневые
R8.3 — темно-бурые лесные
R9.2 — коричневоземы
R9.3 — коричневые лесные
R9.5 — коричнево-луговые
R9.6 — коричнево-лугово-лесные
R14.3 — красно-коричневые саванновые

Класс T — сиаллитный ненасыщенный

T1.2 — тундрово-дерновые
T2.3 — гумусово-железистые подзолы
T3.2 — холоднодерновые
T3.3 — холоднолугово-лесные
T7.3 — серые лесные оподзоленные
T8.2 — лугово-дерновые ненасыщенные
T8.3 — дерново-подзолистые
T8.5 — дерново-глеевые
T10.3 — подзолистые субтропические
T10.6 — желтоземно-глеевые

Класс U — глинный ненасыщенный

U7.2 — клейпаны
U8.2(3) — вторичнодерновые выщелоченные
U8.3(2) — лугово-послелесные
U8.3 — бурые лесные
U9.2 — желто-коричневые
U10.3 — желтоземы

Класс V — ферритный ненасыщенный

V10.2 — руброземы
V10.3 — красноземы субтропические
V13.2 — красно-бурые сухосаванновые
V14.3 — красно-бурые саванновые
V15.2(3) — красные саванновые
VU15.3 — красноземы гумусные
V15.3 — красноземы влажнотропические
Vл15.3 — красноземолатериты

Класс W — гумусовоопесчаненный

W8.3 — подзолы

Класс Y — глинно-глеевый насыщенный

Y8.3 — бурые лесные параглеевые
Y9.2 — темно-коричневые деградированные

Класс Z — сиаллитный глеевый ненасыщенный

Z1.2 — тундровые глеевые
Z1.3 — тундровые глеево-подзолистые
Z1.9 — тундровые торфяно-глеевые
Z2.3 — глеево-подзолистые
Z2.5 — луговые лесотундровые
Z2.9 — торфянисто-подзолисто-глеевые

Класс Г — глинно-глеевый ненасыщенный

Г1.2 — тундровые поверхностно-глеевые
Г8.3 — бурые лесные параподзолистые
Г10.3 — желтоземы параподзолистые

Класс Б — аллитный ненасыщенный

Б10.3 — желтоземоаллиты
Б12.5 — лугоаллиты аридно-тропические
Б15.3 — латосоли каолинитовые
Бл15.3 — аллитлатериты

Класс Д — глеево-опесчаненный

ДР13.2 — феррсиаллитные опесчаненные сухосаванновые
Д14.6 — глеево-опесчаненные лугово-лесные
ДР14.3 — латеритизированные опесчаненные
Д15.3 — латосоли опесчаненные
Д15.5 — глеево-песчаные
Д15.6 — отбеленные лугово-лесные

Класс Л — сиаллитный глеево-щелочной

Л7.3 — солоди черноземные

Класс П — грубогумусово-торфянистый

П1.9 — тундровые торфянистые
П3.9 — холоднолугово-торфянистые
П5.7 — иловато-болотные карбонатные
П7.7 — перегнойно-глеевые
П7.9 — плавневые торфяники
П8.7 — перегнойно-торфяные
П8.9 — торфяно-болотные
П10.7 — иловато-болотные выщелоченные
П10.9 — торфяно-болотные субтропические

Класс Э — солончаковый

Э5.10 — солончаки хлоридно-сульфатные
Э6.10 — солончаки гипсовые
Э8.10 — квасцовые земли
Э11.10 — шотты и себкхас
Э13.11 — солончаки узар

При рассмотрении почв по классам почвообразования остановимся в основном на генетически самостоятельных почвах, реже — генетически подчиненных. Даваемые характеристики будут краткими, поскольку они опираются преимущественно на те же сведения, что уже были использованы при рассмотрении координатного метода диагностики и в эколого-генетическом анализе, но взятые в обобщенном виде.

Почвы класса А — примитивные

В классе представлены почвы на молодых глинистых наносах, на песках и сильнокаменистых материалах. Включает типы:

A1.1 — арктические пустынные (Е, СА)*
A4.1″ — светлоземы песчаные (Е)
A4.1‴ — 3—такырные (Е)
A5.1″ — примитивные песчаные (Е, СА).
A5.1‴ — сероземы такыровидные (Е, К)
A11.1′ — пустыннокаменниковые (почвы гаммад) (Е, А)
A11.1″ — краснопески (Е, А)
A11.1‴ — такырные тропические (А)

Некоторые общие характерные черты этих почв рассмотрены в главе 7. Здесь отметим лишь, что при всей «примитивности» почв они имеют явные различия (в степени карбонатности, продвинутости выветривания минеральной части почв и некоторые др.), обусловленные своеобразием биоклиматических условий, с которыми каждая почва сопряжена.

Почвы класса В — щелочные

Объединены почвы, рассматриваемые как солонцы в соответствии с понятием К. К. Гедройца, т. е. свойства которых обусловлены более или менее значительным содержанием натрия в поглощающем комплексе. Однако в предлагаемой системе солонцы подразделены на ряд типов:

В5.2 — солонцы сероземные (Е, К)
В6.2 — солонцы сухостепные (Е, К)
В6.5 — солонцы лугово-степные (К)
В7.2 — солонцы черноземные (Е)
В9.2 — солонцы субтропические (А)
В11.2 — солонцы пустыннотропические (Е, А)

В большинстве классификаций солонцы выделяются в ранге одного генетического типа. Но еще в процессе работы над классификацией, опубликованной в 1956 г., автор пришел к заключению, что различия между солонцами, развитыми в разных биоклиматических зонах, в действительности столь велики, что глубоко сказываются на комплексе их свойств, достаточно значительных для того, чтобы рассматривать солонцы в качестве сложного ряда, представленного несколькими типами. В классификации 1956 г. были выделены солонцы черноземные и солонцы сухостепные (каштановоземной общности), а в классификации 1964 г. — еще солонцы сероземные и солонцы луговые.

По этому пути стала развиваться классификация солонцов. Так, если Е. Н. Иванова и Н. Н. Розов (1960) выделяли только солонцы степные и солонцы луговые, то в «Указаниях по классификации и диагностике почв» (1967) уже выделены черноземные солонцы, каштановые солонцы, солонцы полупустынные, лугово-черноземные солонцы, лугово-каштановые солонцы, луговые солонцы степей, лугово-полупустынные солонцы.

Не подлежит сомнению, что при дальнейшем изучении почв и других зон будут еще описаны новые характерные типы солонцов.

Различия между солонцами разных биоклиматических режимов заключаются в содержании гумуса и мощности гумусового профиля, в карбонатности, мощности генетических горизонтов.

Почвы класса С — сиаллитно-оглиненные щелочнодеградационные

К этому классу отнесены почвы, генетически связанные с солонцами и представляющие собой последующую стадию развития процесса почвообразования.

---

* Здесь и далее в аналогичных случаях приняты следующие сокращения: Е—Евразия, К—Кавказ, А—Африка, СА—Северная Америка, ЮА—Южная Америка.

Из представления К. К. Гедройца о сущности солонцового процесса известно, что наличие в поглощающем комплексе натрия выше известного предела не только придает особые физические и физико-химические свойства почвенной массе, но и вообще делает поглощающий комплекс менее устойчивым — он начинает разрушаться. Развивается процесс осолодения, приводящий к образованию солодей. Наиболее ярко он выражен в солодях, связанных с гидрогенным режимом, когда возможно периодическое воздействие на почвенную массу солевых растворов, поверхностных и грунтовых. В связи с этим возникало сомнение в возможности развития осолодения вне влияния гидрогенного режима, особенно на карбонатном фоне. Однако подобные примеры в природе также имеются.

Осолодение в автоморфном режиме становится возможным при наличии в почвах солевого горизонта неглубокого залегания, когда соли натрия оказываются вовлеченными в биологический круговорот произрастающей растительностью. При этом должно быть соблюдено еще одно условие: циркулирующие солевые растворы, в которые будут поступать и соли, выщелачиваемые из растительных остатков, должны быть достаточно концентрированными, чтобы натрий солей мог бы внедряться в поглощающий комплекс.

Такие условия вполне реальны в пустынях, полупустынях, сухих степях. Здесь и описаны почвы с «осолоделым» профилем:

C4.2 — серо-бурые
C5.2 — сероземно-бурые

Для этих почв характерно наличие с поверхности осветленного слоеватого горизонта, обедненного илом, и залегание под ним гораздо более плотного призмовидного или ореховато-призмовидного горизонта, явно обогащенного илом, т. е. налицо явная деградация верхнего горизонта с выносом веществ в гор. В. Процесс деградации обычно хорошо подтверждается и данными валового анализа, механическим составом.

Различия между серо-бурыми и сероземно-бурыми типами почв заключаются не только в довольно разном водном режиме, но и в степени гумусности, мощности гумусового горизонта, соотношении его с карбонатным горизонтом: первые гораздо менее гумусные и нередко отличаются наибольшей карбонатностью в самом верхнем слое.

Почвы класса D — феррсиаллитные щелочнодеградационные

Почвы близки к предыдущему классу, но для почвенной массы характерно более глубокое выветривание с остаточным накоплением железа (в пленочной форме на поверхности агрегатов) и появлением подвижного кремнезема. К этому классу отнесен только один тип: D11.2— почвы рэгов (А).

В почвах рэгов, распространенных в пустынях Африки, несмотря на их малую мощность, хорошо обнаруживаются характерные горизонты: с поверхности тонкая слоевато-ячеистая корочка, под ней ярко-бурый горизонт и еще ниже плотный горизонт, обогащенный карбонатами.

Почвы класса F — аккумулятивноизвестковые

Почвы аккумулятивноизвесткового класса обладают весьма специфическими чертами. Главная особенность процесса их образования заключается в том, что они формируются в условиях высокого и постоянно возобновляемого карбонатного фона. Включает типы:

F4.2 — светлоземы (Е, СА)
F4.3 — саксаульниковые (Е)

F5.2 — сероземы (Е, К, СА, ЮА)
F6.2 — темные сероземы (Е, К)
F6.3 — светло-коричневые (К, СА)
F11.2 — светлоземы пустыннотропические (А)

Общее своеобразие почв, отнесенных к этому классу, обусловило выделение ранее ряда почв как самостоятельных подтипов (светлоземы, сероземы, темные сероземы) в составе одного генетического типа сероземов. Однако в последние годы все большее число исследователей рассматривает прежние подтипы сероземов (светлые, типичные, темные) в качестве самостоятельных типов.

Для рассматриваемых почв характерно своеобразное распределение гумуса, в значительной мере рассеянного среди высококарбонатной минеральной массы, а также ее «облессованность» (лессовидный облик). Обычна также интенсивная биологическая деятельность почвенной фауны, что придает более глубоким слоям почв ячеистое или кавернозное строение.

Почвы класса I — феррсиаллитные обызвесткованные

Подобны почвам класса F с некоторыми отличиями в гумусовом и карбонатном профиле, а также в повышенной общей выветрелости почвенной массы. Выделен один тип почв: I11.2 — краснопустынные (А).

Под этим наименованием понимаются почвы, отмеченные В. А. Ковдой (1958) в Египте как «своеобразные полнопрофильные зональные почвы, карбонатные, иногда остаточно-солончаковатые, палево-серого цвета» (бадыя). Рассматриваются В. А. Ковдой в качестве аналогов сероземов.

Почвы класса J — гуматноизвестковые

Отнесенные к классу почвы формируются на известковых породах в случае, когда биоклиматические условия не благоприятствуют сохранению высокого карбонатного фона. Отмечены 2 типа:

J8.3 — перегнойно-карбонатные (Е, К)
J9.3 — коричневые остаточнокарбонатные (Е)

Для обоих типов, наряду с повышенной карбонатностью верхнего гумусового горизонта, обычно не свойственной почвам соответствующих общностей, характерно и более высокое содержание гумуса с преобладанием гуминовых кислот над фульвокислотами.

Почвы класса К — сиаллитные кальциевонасыщенные

В почвах наиболее характерно выражены гор. А, В, С. Это типы (кроме почв лугового генезиса):

К5.2 — бурые пустынностепные (Е, К, ЮА)
К6.2 — каштановые (Е, К, СА, ЮА)
К7.2 — черноземы (Е, К, СА, ЮА)
К7.3 — темно-серые лесные (Е, СА)

Легко видеть, что все они — отнесенные К. Д. Глинкой (1931) к степному типу почвообразования (включая и сероземы, которые, однако, переведены нами в класс F). Таким образом, правомочность объединения 3 довольно разных типов почв не должна вызывать возражений. Поясним лишь, что под бурыми пустынностепными понимаются почвы, выделявшиеся И. П. Безсоновым (1926) и Л. И. Прасоловым (1937) под наименованием светло-бурых, а И. П. Герасимовым — малокарбонатных сероземов (Герасимов и Матусевич, 1945).

Основные признаки рассматриваемых типов почв превосходно выясняются из характеристики К. Д. Глинки особенностей степного типа

почвообразования: «Гумус почв степного типа насыщен преимущественно кальцием и потому мало подвижен. Тонкие минеральные частицы (суспензии), в том числе и гидраты окиси железа, не передвигаются из горизонта в горизонт. В подгумусовых, а иногда и в гумусовых горизонтах содержится углекислая известь, а иногда (глубже) и гипс». Добавим, что для минеральной части характерна еще умеренная степень выветрелости (сиаллитная фаза) с преобладающим вторичным глинным минералом гидрослюдой.

Почвы рассматриваемого класса формируются преимущественно под степной злаковой растительностью. Однако их характерные черты в определенных климатических и литологических условиях оказываются присущими и почвам под лесной растительностью. Примером таких почв и являются темно-серые лесные (К7.3).

Почвы класса N — сиаллитные кальцевовыщелочные

Сюда отнесены почвы, которые, как и сиаллитные кальциевонасыщенные, имеют минеральную часть сиаллитной фазы и гумус фульватно-гуматного состава, но отличаются выщелоченностью от карбонатов, в связи с чем их поглощающий комплекс является уже ненасыщенным щелочноземельными основаниями. К классу отнесены:

N7.2(3) — бруниземы (СА)
N7.3 — серые лесные (Е, СА)
N8.2 — лугово-черноземовидные (К)

Все они без избытка свободных щелочноземельных карбонатов и имеют кислую реакцию. Но отсутствие свободных углекальциевых солей еще не ведет к выраженным деградационным явлениям, в биологическом круговороте участвуют заметные количества кальция и в составе гумуса продолжают преобладать устойчивые соли гуматов кальция. Природа бескарбонатности может быть несколько различной. В условиях умеренной увлажненности (уравновешенного типа — гидроряд *D*), когда кальций вообще еще активно вовлекается в биологический круговорот, бескарбонатность может быть сохранена только на исходно бескарбонатных породах, как это имеет место в случае бруниземов, развитых на бескарбонатных ледниковых отложениях. Наоборот, в условиях повышенного увлажнения (гидроряд *E*) состояние умеренной обескарбоначенности может быть сохранено только при постоянном возобновлении запасов кальция в биологическом цикле за счет извлечения его из почвообразующих пород различной карбонатности. Именно этот случай допускается в примере луговочерноземовидных почв дерновоподзолистой общности (N8.2).

Почвы описываемого класса вообще богаты гумусом, особенно при формировании под травянистой растительностью. И в этом случае в них не обнаруживаются явления деградации. Но при формировании под лесной растительностью профиль почв несет уже более или менее выраженные признаки разрушения неустойчивых фракций органо-минерального комплекса. Выявляются горизонт с кремнеземистой присыпкой, некоторые следы миграции железа, понижение гумусосодержания и др. Именно эти признаки свойственны серым лесным почвам в типичном их выражении.

Почвы класса Т — сиаллитные ненасыщенные

С дальнейшим развитием выщелоченности почв с сиаллитной минеральной фазой и переходом гумуса уже в гуматно-фульватную форму связано существование следующих типов почв:

T1.2 — тундрово-дерновые (СА)
T2.3 — гумусово-железистые подзолы (Е)
T3.2 — холоднодерновые (Е, К, СА, ЮА)
T3.3 — холоднолугово-лесные (К)
T7.3 — серые лесные оподзоленные (Е, К)
T8.8 — дерново-подзолистые (Е, К, СА)
T10.3 — подзолистые субтропические (К)

Для всех перечисленных почв характерны крайняя обедненность щелочноземельными основаниями, явная ненасыщенность поглощающего комплекса с большим содержанием поглощенного водорода и связанная с этим кислая реакция почвенного раствора, преобладающая роль в жизни почв свободных фульвокислот. Понятно, что избыток свободных фульвокислот становится решающим фактором в почвенных процессах.

Подзолистые субтропические почвы также связаны с сиаллитной корой выветривания и обладают указанными характерными горизонтами, но с иными значениями мощности, чем в собственно дерново-подзолистых.

При формировании почв с такими общими качествами под лесной растительностью возникают подзолистые почвы в разных биоклиматических вариациях, в образовании которых в полной мере проявляются высокая подвижность гумуса и его агрессивное воздействие на минеральные комплексы с возникновением в профиле почв оподзоленного горизонта и горизонта накопления железистых соединений. В случаях же развития почв под травянистой растительностью возникают дерновые почвы с менее кислой реакцией. Агрессивное действие фульвокислот в них ослаблено в связи с более интенсивным биологическим круговоротом и обогащенностью гумусом, хотя, по-видимому, могли бы быть обнаружены некоторые признаки оподзоленности и в почвах дерновой формации.

Почвы класса Z — сиаллитные глеевые ненасыщенные

Развитие подзолистых явлений в условиях чрезмерного переувлажнения, когда в почве становятся значительными восстановительные реакции, придает почвам черты большого своеобразия. Возникают почвы, требующие обособления от класса Т. Это типы:

Z1.2 — тундровые глеевые (Е, К)
Z1.3 — тундровые глеево-подзолистые (Е)
Z2.3 — глеево-подзолистые (Е, СА)

Длительность и выраженность восстановительных реакций усиливает проявление подзолистых явлений. Преобладание в составе гумуса фульвокислот обусловливает его особенную подвижность и перемещение в глубь профиля, что нередко сопровождается образованием второго гумусово-иллювиального горизонта. Распад минеральных веществ заходит глубоко, вплоть до конечных окислов. В связи с повышенной подвижностью гумуса усиливается и передвижение железа в форме гумусо-железистых соединений. Поглощающий комплекс оказывается с содержанием большого количества поглощенных железа и алюминия.

Усиление подвижности железа в глеево-подзолистых почвах сопровождается образованием конкреционных форм его в гор. A_1, A_2, а в некоторых случаях и накоплением его в самых верхних слоях почвы (Зайдельман, Оглезнев, 1965).

Почвы класса W — гумусовоопесчаненные

Как случай крайне глубокого распада минеральной части почв под воздействием гумусовых кислот рассматриваются почвы типа W8.3 —

подзолы (Е, СА, ЮА). Непосредственно под слоем подстилки у них лежит белесый песчанистый горизонт, а в гор. В наблюдаются скопления железа, большей частью в виде орштейна. Имеют сильнокислую реакцию, малую емкость поглощения, резкое преобладание в составе гумуса фульвокислот.

Почвы класса Л сиаллитные глеево-щелочные

Формируются при наличии значительного выщелачивания и выраженных явлений периодического переувлажнения, но в условиях щелочного почвенного раствора образуют группу совершенно своеобразных почв, известных как солоди. Среди них выделены Л7.6 — солоди черноземные (Е, СА).

Эти почвы имеют профиль, морфологически вполне сходный с профилем подзолистых почв. Однако решающим агентом в них является не поглощенный водород и гумусовые кислоты, а поглощенный натрий и щелочные гумусовые соли. Органо-минеральные комплексы в них оказываются очень подвижными и, главное, неустойчивыми, легко разрушающимися, что и обусловливает резкую дифференциацию почвенного профиля с выделением белесого горизонта, лишенного ила и обогащенного кварцем, и глубжележащего горизонта, обогащенного железом.

Солоди обычно приурочены к степным депрессиям с лугово-лесной растительностью (осиновые колки), к которым притекают слабощелочные минерализованные воды поверхностного стока или же которые подтапливаются щелочными грунтовыми водами. Имеются солоди и под луговой растительностью (лугово-степные).

Почвы класса L — слитноглинные

Долгое время представители этого класса почв описывались как своего рода уникумы в почвенном мире (регуры Индии, смолницы Балкан, слитые черноземы Северного Кавказа). Между ними не отмечалось какой-либо генетической близости.

По мере накопления знаний о почвенном покрове мира стала выясняться довольно широкая распространенность аналогичных почв по всем континентам. В процессе эколого-генетического анализа почвенного покрова континентов оказалось возможным различать следующие типы этого класса:

L6.2 — серо-коричневые слитые (К, СА)
L7.2 — слитые черноземные (Е, К)
L9 2 — черные субтропические
L9.2(3) — коричневоземы слитные (К, А)
L14 2 — черные тропические (Е, А)

Вполне близкими свойствами обладает еще ряд типов почв, однако уже лугового происхождения:

L9 4 — смолницы (Е, К, СА, ЮА)
L12 4 — черные луговатые ариднотропические (А)
L13.4 — черные луговые сухосаванновые (А)
L14 4 — черные луговатые саванновые (А)
L15.4 — маргаллитные (Е)

Общим для всех перечисленных типов почв является их исключительная глинистость, богатство илистой фракцией, преобладание в составе глинных минералов монтмориллонита. Характерна также относительно пониженная гумусность даже в случаях, когда почва описывается как интенсивно черная.

Высокая глинистость этих почв наряду с пониженной гумусностью предопределяет их специфические качества: большую вязкость, набухаемость во влажном состоянии и исключительную плотность, сильную тре-

щиноватость — в сухом. Сколько-нибудь заметных количеств поглощенного натрия при этом не установлено. С сильной трещиноватостью и нередко способностью агрегироваться в самом верхнем слое связан эффект перемешивания почвенной массы за счет осыпания разрыхленного верхнего слоя в глубь почвенного профиля по образовавшимся трещинам. В связи с этим случается, что гумусовый гор. А оказывается непосредственно налегающим на гор. С (профиль АС).

Столь специфические свойства почв и их большую распространенность естественно было связать с существованием глинной фазы минеральных преобразований. По этому признаку рассматриваемые почвы и были объединены автором в классификации 1956 г. Возникновение «слитности» автор относит за счет исключительного богатства почв вторичными глинными минералами монтмориллонитовой группы при относительном дефиците «агрегирующего» компонента — наиболее активных структурообразующих фракций гумуса. Возможно, что понижение структурообразующего эффекта гумуса обусловлено и блокировкой гумуса в межпакетных слоях глинных минералов.

Глинную фазу в минеральных преобразованиях вполне можно рассматривать как автохтонный процесс в податмосферном режиме увлажнения. Сопряженность ряда типов этого класса с луговым генезисом (смолницы, черные луговые саванновые и др.) можно рассматривать как следствие того, что повышенное увлажнение лугового режима при высокой обеспеченности тепловыми ресурсами благоприятствует вторичному глинообразованию. Наконец, обогащенность глинистыми монтмориллонитовыми минералами в определенных условиях может оказаться и итогом вторичного минералообразования в процессе ресиликации за счет привноса из вышележащих областей свободного кремнезема. Именно с этим явлением мы склонны связать образование маргаллитных почв влажных тропиков.

Почвы класса R — сиаллитные глеевые ненасыщенные

Почвы глинной фазы минеральных преобразований, но развивающиеся в условиях более интенсивного выноса оснований (в силу климатических, литологических и других причин) обладают гумусом с преобладанием фульвокислот над гумусовыми. Это вносит ряд отличий в свойства почв в сравнении со слитноглинным классом. К глинному насыщенному классу отнесены типы почв:

R6 3 — серо-коричневые (Е, К, СА)
R8 3 — темно-бурые лесные (К)
R9 2 — коричневоземы (К, СА, ЮА)
R14 3 — красно-коричневые саванновые (Е, ЮА, А)

Для всех этих почв характерны повышенная глинистость и насыщенность поглощающего комплекса щелочноземельными основаниями. Последнее обстоятельство обусловливает относительно выраженную комковатую структуру, несмотря на гуматно-фульватный состав гумуса. Однако в связи с пониженной структурообразующей ролью щелочноземельных солей фульвокислот комковатая структура непрочна и почвы склонны уплотняться.

Образование гумуса гуматно-фульватного состава более обычно под лесной растительностью. Таковы именно наиболее распространенные почвы этого класса — коричневые. Очевидно, аналогичный гумус образуется и при участии кустарниковой растительности (серо-коричневые почвы под кустарниками, красно-коричневые под саванной).

Менее ясен генезис почв дерновой формации. Серо-коричневые остепненные почвы, как видно уже из наименования, рассматриваются в

качестве вторичных. Коричневоземы, отличающиеся мощным гумусовым слоем ярко-коричневого тона, относительно хорошей мелкокомковатой структурой и географически обычно непосредственно соседствующие с коричневыми лесными, также могли быть в прошлом под лесами. Однако, по-видимому, не следует исключать и непосредственно дерновое их происхождение. В этом случае они были бы своеобразным субтропическим аналогом черноземов, отличаясь от последних повышенной глинистостью и гуматно-фульватным гумусом. Интенсивно черная окраска их явно несоразмерна с содержанием гумуса, гораздо более низким, чем в собственно черноземах.

Почвы класса U — глинные ненасыщенные

При известной близости с предыдущим классом по повышенной глинистости и гуматно-фульватному составу гумуса почвы рассматриваемого класса обладают рядом существенных отличий. Различаем следующие типы:

U8.2(3) — вторичнодерновые выщелоченные (СА)
U8 3 — бурые лесные (Е, К, СА, ЮА)
U9 2 — желто-коричневые (К, ЮА)
U10 3 — желтоземы (Е, К, СА, ЮА, А)

Как видно, это почвы преимущественно лесного генезиса. Они также имеют повышенную оглиненность, но в составе вторичных глинных минералов на монтмориллонитовую группу приходится уже меньшая доля. В заметных количествах появляется каолинит. Обычны невысокая гумусность, сильная выщелоченность, кислая реакция. Отмечается перемещение тонкодисперсных веществ по почвенному профилю, с чем связано наличие в них бурого гор. В, явно обогащенного илом. Однако явлений более глубокого разрушения органо-минерального комплекса в общем еще нет, хотя иногда и отмечаются первые признаки «оподзоленности» в виде намечающегося осветления в гор. A_2, скорее всего за счет временного переувлажнения в слое над гор. В.

Своеобразны желто-коричневые почвы. От собственно коричневых они отличаются не только цветом, но и выщелоченностью от карбонатов, наличием иловоаккумулятивного гор. В. Географически они залегают в зоне перехода от коричневых почв (зона уравновешенного увлажнения *D*) к желтоземам (зона повышенного увлажнения *E*), будучи обычно приуроченным к гидрозоне *DE*.

Почвы класса Y — глинно-глеевые насыщенные

Значительное ухудшение внутреннего дренажа как следствие большой оглиненности или своеобразный режим увлажнения с выраженным сезонным максимумом осадков предопределяют подверженность почв глинной фазы периодическому поверхностному оглеению. С этим явлением связано появление высокооглиненных и насыщенных почв, но с явными признаками деградации в верхних горизонтах:

Y8.3 — бурые лесные параглеевые (Е)
Y9.9 — темно-коричневые деградированные (Е, К, А)

Для первых из них, формирующихся под дерновой растительностью, характерно осветление верхнего слоя гумусового горизонта (разрушение гумуса), вынос из него илистых частиц и наличие более темного и более яркого по тону гор. В, обогащенного илом. Вовлекаются в миграцию и наличные окислы железа. Но более значительного разрушения минеральной части почв еще не происходит.

К этому же классу, полагаем, должны быть отнесены бурые параглеевые почвы с выраженным проявлением временного переувлажнения в нижней части гор. А, который в данном случае описывается как гор. A_2. Он имеет специфический морфологический вид с пятнистой окраской из чередующихся белесых, сизоватых и ржаво-бурых пятен (мраморовидный облик). Обычно заметно обеднен илом и подвижным железом, перемещенными в иллювиальный уплотненный гор. В, имеющий более темный, бурый или красновато-бурый цвет. Но признаков глубокого разрушения минеральной части при этом еще не обнаруживается. При явной морфологической «оподзоленности» данные валового анализа илистой части подзолистость не обнаруживают. Но валовой анализ всей почвы в более продвинувшихся случаях ее развития может показать некоторое увеличение кремнезема в верхней части за счет выноса из него ила. Наличие глеевых проявлений надо связать с возникновением в почве иллювиального горизонта, в периоды выпадения атмосферных осадков служащего водоупором.

Почвы класса Г — глинно-глеевые ненасыщенные

К почвам этого класса отнесены:

Г1.2 — тундровые поверхностно-глеевые
Г8.3 — бурые лесные параподзолистые (К, СА)
Г10 3 — желтоземы параподзолистые (К, СА)

Указанные типы следует рассматривать генетически близкими к классу U, как представляющие собой следствие дальнейшего развития оглиненности. Повышенная оглиненность почв, особенно образование иловообогащенного гор. В, ведущие к резкому уменьшению внутреннего дренажа почв, должны сопровождаться в условиях повышенного атмосферного увлажнения сезонным переувлажнением почвы с возникновением явлений оглеения. Почвы не насыщены основаниями, но с умеренно кислой реакцией.

Сочетание явлений оглеения с ненасыщенностью почв и высокой долей в составе гумуса фульвокислот неизбежно будет вести к более глубокому разрушению органо-минеральных комплексов, вплоть до распада на конечные окислы. В итоге в почвах уже обнаруживаются вполне заметные подзолообразовательные явления, подтверждаемые и валовым анализом почвы и ее ила. Но явления эти своеобразны, поскольку сочетаются с большим оглеением и относительно малой подвижностью веществ по почвенному профилю в связи с общей высокой оглиненностью. Однако замечено, что в «псевдоглеевых» почвах освобождается значительно меньше легкоподвижного железа, чем в подзолистых (Герасимова и Ноздрунова, 1969). Специфично также, что кислотность почв этого рода более чем на 90% обусловлена ионом алюминия (по Filipovsci a. Ćirić, 1969).

Все это мы и имели в виду, определяя описываемые почвы как параподзолистые, т. е. рассматривая их подобными подзолистым, но с чертами своеобразия, обусловленными глинным характером их минеральной части и большой ролью глеевых процессов в их развитии. Бурые параглеевые и бурые параподзолистые в этом смысле являются последовательными стадиями в развитии бурых почв. Полагаем, что наименование «параподзолистые» ближе к существу рассматриваемых почв, чем определение «псевдоподзолистые», применяемое некоторыми исследователями. Думается, что это вполне соответствует также взглядам К. Кирица (Chirita и др., 1962) относительно соотношения между почвами «лессивированными» и оподзоленными, как и представлениям Г. Филиповского и М. Чирича (Filipovsci a. Ćirić, 1969) о почвах «псевдоглеевых» и «параподзолистых». Ф. Дюшафур (Duchafour, 1967) показал, что в усло-

виях атлантического климата на исходно глиносодержащих породах формируются почвы типа лессиве и подзолы, а на исходно безглинистых породах — кислые бурые лесные почвы и подзолы.

Почвы класса О — глинные кальциевовыщелоченные

Своеобразную группу образуют почвы, выделенные под наименованием:

О4.2 — серо-бурые бескарбонатные (СА)
О5.2 — бурые аридные бескарбонатные (ЮА)

Природа этих почв недостаточно ясна: связана ли их бескарбонатность с особенностями пород, исходно бедных углекальциевыми соединениями, или она является следствием достаточно выраженной выщелоченности при концентрированном сезонном выпадении атмосферных осадков. В последнем случае они могли бы оказаться и на глинной фазе минеральных преобразований, с которой предположительно и связаны нами в классификации.

Почвы класса М — феррсиаллитные известковые

Для почв этого класса характерно глубокое выветривание их минеральной части вплоть до появления свободных окислов железа при одновременном высоком углекальциевом фоне. К ним отнесены:

М6.3 — терра-росса (Е, СА)
М9.2 — паратерра-росса (Е, ЮА, А)
М11.2 — желто-бурые подпустынные (А)
М12.2 — бурые субсаванновые (Е, А)

В одних случаях глубокое развитие выветривания с накоплением малогидратированных окислов связано с податливостью выветриванию самих материнских пород, как это, например, имеет место в случае почв терра-росса, формирующихся на известняках. В других — обусловлено интенсивным течением реакций минеральных преобразований в условиях высокого термического уровня. Но при всех обстоятельствах глубокий минеральный распад сопряжен с присутствием больших количеств углекальциевых солей. Последнее в некоторых случаях может обусловить явления известково-силикатной цементации в гор. В.

Оговорим также, что выветривание доходит до стадии относительно большого накопления свободных окислов железа только при образовании почв на известковистых породах. В других же случаях свободные окислы железа образуют лишь пленки на поверхности почвенных частиц и основная масса их вещества продолжает оставаться сиаллитной. Это и дает основание определять подобные почвы как феррсиаллитные.

Почвы класса Р — феррсиаллитные выщелоченные

В условиях периодически высокого увлажнения и при значительном термическом уровне возникают почвы с явлениями довольно глубокого минерального преобразования и выраженной выщелоченностью:

Р12.3 — красно-бурые выщелоченные (А)
Р13.2 — феррсиаллитные сухосаванновые (А)

Для этих почв характерна выраженная красноцветность, обусловленная еще только железистыми пленками, обволакивающими основную слабовыветрелую минеральную часть. Вместе с тем, подвергаясь сезонному высокому увлажнению, они оказываются выщелоченными от всех легкоподвижных компонентов и в связи с этим отличаются кислой реакцией.

Почвы класса V — ферритные ненасыщенные

Почвы этого класса — типичные и наиболее характерные представители почвенного покрова влажнотропических областей. Типы их:

V10.2 — руброземы (ЮА)
V10.3 — красноземы субтропические (Е, К, СА, ЮА, А)
V13.2 — красно-бурые сухосаванновые (А)
V14.2 — красно-бурые саванновые (А)
V15.2(3) — красные саванновые (Е, СА, А)
V15.3 — красноземы влажнотропические (Е, СА, ЮА)
Vл15.3 — красноземолатериты (А)

Как видим, для всех перечисленных типов характерна обогащенность окислами железа. Но наряду с последним накапливается и алюминий. Кремнезем же выносится в глубокие слои почвы или вообще за пределы почвенного профиля. Все это — следствие интенсивного течения процессов выветривания с разрушением минералов почвообразующих пород до конечных окислов. Осаждение гидратов полуторaокисей придает почвам высокую агрегированность, что обусловливает их хорошую проницаемость. Поэтому даже при довольно высоком увлажнении в почвах сохраняется режим окислительных реакций, что и является главной предпосылкой накопления малогидратированных окислов железа, придающих почвам этих типов столь характерный красный цвет.

В случае относительно умеренного распада минеральной части окислы железа и алюминия оказываются рассеянными или собранными в мелкие агрегаты по всей массе почвы, что, например, обычно в красноземах субтропиков. Однако, когда процесс минерального разрушения и дифференциации его продуктов заходит очень далеко, полуторaокиси, накапливающиеся во все больших количествах, начинают образовывать более или менее крупные конкреции, вплоть до случаев, когда почва оказывается полностью представленной слитными железистыми конкрециями и стяжениями (красноземолатериты). Понятно, что наиболее выраженным это явление бывает в почвах большого возраста — в древних.

Почвы класса Б — аллитные ненасыщенные

Для районов влажных тропиков, а отчасти и субтропиков не менее специфичны почвы глубокой аллитизации:

Б10.3 — желтоземоаллиты (Е, К)
Бл15.3 — аллитлатериты (Е, А)
Б15.3 — латосоли каолинитовые (ЮА, А)

Почвы этого класса возникают также в условиях интенсивного выветривания, но при более или менее длительной выраженности в почвах восстановительных реакций. Это может быть или в районах тропиков с особенно большой годовой суммой осадков, или при обильном концентрированном сезонном выпадении осадков, что столь обычно для экваториальных областей.

Развитие восстановительных реакций в почвах приводит к переходу железа в легкоподвижные восстановленные формы, чему также способствует интенсивное поступление органических веществ, продуцированных буйно развитой влажнотропической растительностью.

В морфологическом отношении все эти почвы бледноокрашенные: палевые, желтые, большей частью пятнистой окраски за счет чередования более ярких и белесых пятен. Реакция кислая. Емкость поглощения малая.

Верхние горизонты в определенных условиях оказываются представленными почти полностью минералами глинозема (каолинит, гиббсит и др.). Накапливается в них и остаточный кварц, обусловливая известную опесчаненность верхних слоев. Железо же мигрирует в глубокие слои

почв или за пределы почвенного профиля по уклону местности и образует в местах аккумуляции железистые скопления или собственно латеритные массы. Именно такие почвы выделяются как аллитлатеритные.

Латосоли каолинитовые в литературе описывались под наименованием «оксисоли», «желтоземы тропические». В перечне типов указаны желтоземоаллиты, но это уже почвы субтропиков, относящиеся к желтоземной общности, встречаются смежно с желтоземами. От последних отличаются мощным бледноокрашенным профилем с явными признаками восстановительных реакций и заметно сниженным содержанием железа.

Почвы класса Д — глеево-опесчаненные

Процесс минерального распада под влиянием реакций в восстановительной среде в сочетании со значительным выщелачиванием, протекая длительное время в условиях благоприятного гидротермического режима, может дойти до стадии очень глубокого разрушения минеральной части, когда в верхнем горизонте преобладающим минералом оказывается остаточный кварц. Такого рода генезис присущ следующим типам почв:

ДР13.2 — феррсиаллитные опесчаненные (А)
ДР14.3 — латеритизированные опесчаненные (ЮА, А)
Д15.3 — латосоли опесчаненные (ЮА, А)

Первые два типа представляют собой почвы феррсиаллитной минеральной основы, но с осветленными и опесчаненными верхними горизонтами. Опесчанивание их мы склонны связать с ролью глубокого переувлажнения в связи с сезонным выпадением атмосферных осадков. Латосоли опесчаненные — почвы равнин экваториально-тропических областей с дождевым лесом.

Почвы класса П — грубогумусово-торфянистые

В почвенном покрове всех континентов в самых разнообразных гидротермических условиях широко распространены почвы, характерной особенностью которых является наличие торфянистого, дерново-торфянистого, корешковатого дернового или грубогумусового горизонта А. Среди них выделены:

П1.9 — тундровые торфянистые (Е, К)
П3.9 — холоднолугово-торфянистые (Е, К)
П5.7 — иловато-болотные карбонатные (Е, К)
П7.7 — перегнойно-глеевые (К)
П7.9 — плавневые торфяники (К)
П8.7 — перегнойно-торфяные (Е, СА)
П8.9 — торфяно-болотные (Е)
П10.7 — иловато-болотные выщелоченные (К, СА)
П10.9 — торфяно-болотные выщелоченные (К)

Среди перечисленных есть типы как генетически самостоятельные, так и генетически подчиненные. В качестве генетически самостоятельных рассматриваются тундровые торфянистые и холоднолугово-торфянистые, приуроченные к областям влажного крайне холодного и холодного климата, что благоприятствует накоплению малоразложившихся растительных остатков. В отношении генетически подчиненных типов допускается наличие биоклиматических различий в смысле особенностей биологического круговорота веществ, своеобразия состава привносимых веществ. Из этих соображений выделены плавневые торфяники (черноземная общность) и торфяно-болотные субтропические (желтоземная общность).

Почвы класса Э — солончаковые

Отличительной особенностью почв является высокая обогащенность легко- и относительно легкоподвижными солями: NaCl, Na_2SO_4, $CaSO_4$, Na_2CO_3 и др. Большое количество этих солей придает почвам совершенно своеобразный характер. Однако предпосылками их возникновения служит не только наличие соответствующих источников свободных солей, но и особый гидрохимический режим, поддерживающий активную солевую миграцию в почвенном профиле с более или менее выраженным выносом солей в поверхностные слои. С учетом этого почвы, формирующиеся, скажем, на древних гипсообогащенных отложениях, но в условиях, исключающих активный вынос солей в верхние горизонты, уже не могут быть отнесены к солончаковому классу. Выделены следующие типы:

Э5.10 — солончаки хлоридно-сульфатные (Е, К, СА)
Э6.10 — солончаки гипсовые (Е)
Э8.10 — квасцовые земли (Е)
Э11.10 — шотты и себхас (А)
Э11.13 — солончаки узар (Е).

Обогащенность солончаковых почв подвижными солями обусловила традиционный подход при их подразделении по солевому составу. Однако накопление данных о характере солончаков разных биоклиматических зон все с большим основанием позволяло заключить, что различия в солевом составе солончаков носят вместе с тем и зонально-климатический характер. Так, в аридных условиях умеренных широт, где процессы биологического круговорота и выветривания материнских пород протекают в общем с невысокой интенсивностью, выносу оказываются подверженными наиболее подвижные элементы, что и обусловливает в этих условиях преимущественно хлоридно-сульфатно-натриевый состав солончаков. В зоне сухих степей в них во все больших количествах обнаруживается гипс, что связано отчасти и с некоторым выносом за пределы степных ландшафтов наиболее подвижного хлористого натрия.

В условиях господства промывного режима выносятся все обычные легкоподвижные соли, но могут появиться и быть вовлечены в миграцию подвижные соли алюминия и железа. Этим и объясняется возникновение в некоторых местах зоны дерново-подзолистых почв своеобразных кислых солончаков, содержащих значительные количества сернокислого алюминия («квасцовые земли»). Например, М. Н. Яковлева (1958) исследовала квасцовые торфяники, связанные с окислением накопленных в болоте дисульфидов железа биогенного происхождения. С. Блумфилд с соавт. (Bloomfield a. coll., 1968) описали кислые сульфатные почвы на Малайе.

Можно также заметить, что содовые солончаки в наиболее характерном виде представлены в лесостепной зоне в соседстве с умеренно выщелоченными почвами черноземной общности. Конечно, содовые солончаки встречаются и в других зонах, но тогда они, очевидно, существуют за счет привноса солей из ландшафтов иных типов, тогда как в черноземной общности генетически сопряжены с ее компонентами.

* *
*

Таковы главные особенности классов почв, выделенных в процессе проведения эколого-генетического анализа почвенного покрова континентов. Конечно, этот обзор не охватил всех различий между классами, что, очевидно, станет возможным только после подробного рассмотрения всего типового разнообразия почв.

В произведенном обзоре охвачены преимущественно почвы основных формаций — дерновой и лесной. Это объясняется как гораздо мень-

шей изученностью почв других формаций, так и мнением, что выявление особенностей почв разных классов на выполненном уровне дает известные представления и об особенностях почв других формации, принадлежащих к данному классу.

Необходимо сделать некоторые разъяснения и в отношении так называемых «андосолей». Это почвы, формирующиеся на вулканических пеплах и известные в литературе под разными наименованиями (см., например, Dudal, 1968). Для ряда из них указывается богатство аллофаном. В произведенном выше обзоре автор не касался этих почв по ряду причин.

Во-первых, в генетическом отношении они пока не вполне ясны, хотя в последние годы стали интенсивно изучаться*. И. Канно (Kanno, 1962) писал: «Классификационные проблемы почв, происходящих из вулканических пеплов, в других местах мира, как и в Японии, все еще не решены».

Во-вторых, во многих случаях почвы, выделяемые как андосоли, несут явные биоклиматические различия, сближающие их с уже известными типами почв. Следовательно, по крайней мере какая-то часть андосолей может рассматриваться в качестве подтипов соответствующих типов почв.

Наконец, возможно, что некоторые из андосолей при дальнейшем изучении и определении их действительных свойств займут естественное место в соответствующих классах почв нашей системы.

---

* Meeting un the classification ot soils from volbanic ash. FAO Roma, 1964.

ГЛАВА 22

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВ ПО ОБЩНОСТЯМ

В предыдущей главе рассмотрены главные особенности почв, распределенных по установленным классам почвообразования. Но в предложенной системе почв есть еще важная координата — распределение почв по почвенным общностям.

В главе о почвенных общностях даны как обоснование определенной системы их, так и сведения об основных различиях между почвами разных общностей. Когда же выяснилось распределение почвенных типов по общностям, то уже оно само создает предпосылки для получения новых сведений и представлений о почвах.

Прежде всего, распределение почв по общностям выявляет совокупности или семейства типов, сопряженных с однотипными биоклиматическими режимами, т. е. с однокачественными балансом тепла и влаги и напряженностью биологического круговорота.

В связи с этим почвы, будучи распределенными по общностям, представляют и определенные качественные градации в своих свойствах: содержании гумуса, извести, степени выщелоченности, значений pH, мощности генетических горизонтов. Так, скажем, черноземы, каштановые и бурые полупустынные почвы представляют собой градации проявления в качественно различных биоклиматических режимах 3 разных общностей — черноземной, каштановоземной, сероземной. Или другой пример: красноземы желтоземной общности и красноземы латеритизированные красноземной общности при наличии вполне очевидных общих черт обладают и столь же очевидными чертами своеобразия (в количестве свободных окислов железа, в форме их выделения и др.).

Наконец, что весьма существенно, типы почв в пределах одной общности представляют собой закономерные цепи развития, отражающие смену лесной, дерново-степной, луговой, болотной, солончаковой стадий почвообразования, минеральных преобразований в почвах, изменение их в связи с развитием рельефа от начальных примитивных стадий до вполне развитых почв. Именно в этом смысле вполне уместно определять совокупности почв, входящих в ту или другую общность, как некоторые связанные в своем развитии семейства почв. Смены почв в пределах семейств — общностей или реально отмечены и описаны, или их можно допустить. В последнем случае представление о семействах типов почв, входящих в почвенные общности, становится направляющей идеей в выявлении всего типового разнообразия почв той или другой конкретной территории. Исходя из полного перечня типов почв, отнесенных к определенным общностям, мы получаем возможность судить, какие именно типы следует ожидать в данных биоклиматических условиях.

Далее, учитывая соотношения между классами почв, вытекающие из системы типов органо-минеральных реакций, можно более уверенно устанавливать последовательность смен почв различных типов, относящихся к разным классам.

Напомним еще, что почвы определенной общности будут и пространственно сопряженными и входят в состав компонентов почвенного покрова соответствующих почвенных зон, находящихся, возможно, и в разных областях суши.

Таковы предпосылки, создаваемые объединением почв разных типов в почвенные общности, предпосылки, несомненно, открывающие многие возможности для более полного понимания природы почв разных типов, для более полного разъяснения их происхождения, соотношения с другими типами, соотношения с факторами среды.

Приводим фактическое распределение типов почв по общностям, как оно выяснилось из анализа почвенного покрова континентов:

1 **Тундровая**

A1.1 — арктические пустынные (Е, СА)
A1.2 — морознокаменниковые (К)
Т1 2 — тундрово-дерновые (Е, СА)
Z1.2 — тундровые глеевые (К)
Z1.3 — тундровые глеево-подзолистые (Е)
Z1.9 — тундровые торфяно-глеевые (Е, СА)
Г1.2 — тундровые поверхностноглеевые (типичные) (Е, СА)
П1.9 — тундровые торфянистые (Е, К)

2. **Лесотундровая**

Т2 3 — гумусово-железистые подзолы (Е)
Z2.3 — глеево-подзолистые (Е, СА)
Z2 5 — луговые лесотундровые (СА)
Z2.9 — торфянисто-подзолисто-глеевые (Е, СА)

3 **Холоднодерновая**

Т3.2 — холоднодерновые (Е, К, СА, ЮА)
Т3.3 — холоднолугово-лесные (К)
П3 9 — холоднолугово-торфянистые (Е, К)

4. **Светлоземная**

A4.1″ — светлоземы песчаные (Е)
A4.1‴—3 — такырные (Е)
С4 2 — серо-бурые (Е)
F4 2 — светлоземы (Е, СА)
F4 3 — саксаульниковые (Е)
О4.2 — серо-бурые бескарбонатные (СА)

5. **Сероземная**

A5 1″ — примитивные песчаные (Е, СА)
A5.1‴ — сероземы такыровидные (К)
В5 2 — солонцы сероземные (Е, К)
С5.2 — сероземно-бурые (Е, К)
F5 2 — сероземы (Е, К, СА, ЮА)
К5.2 — бурые пустынно-степные (К, ЮА)
К5.5 — сероземно-луговые (Е, К, СА)
К5.6 — тугайные (Е, К)
О5.2 — бурые аридные бескальциевые (ЮА)
П5.7 — иловато-болотные карбонатные (Е, К)
Э5.10 — солончаки хлоридно-сульфатные (типичные) (Е, К, СА)

6 **Каштановоземная**

В6 2 — солонцы сухостепные (Е, К)
В6 5 — солонцы лугово-степные (К)
F6 2 — темные сероземы (Е, К)
F6 3 — светло-коричневые (К, СА)
К6 2 — каштановые (Е, К, СА, ЮА)
К6.5 — каштаново-луговые (Е, К)
К6 6 — каштаново-лугово-лесные (Е)
К6.7 — перегнойно-болотные карбонатные (Е)
L6 2 — серо-коричневые слитые (К)
М6.3 — терра-росса (Е, СА)
R6.3 — серо-коричневые (Е, К, СА, ЮА)
Э6.10 — солончаки гипсовые (Е)

7. **Черноземная**

В7 2 — солонцы черноземные (Е, К)
К7.2 — черноземы (Е, К, СА, ЮА)
К7.3 — темно-серые лесные (Е, СА)
К7.5 — черноземно-луговые (Е, К, СА)
L7 2 — слитые черноземные (Е, К)
U7.2 — клейпаны (СА)
N7 2(3) — бруниземы (СА)
N7 3 — серые лесные (Е, К, СА, ЮА)
Т7 3 — серые лесные оподзоленные (Е, К)
П7 7 — перегнойно-глеевые (К)
П7 9 — плавневые торфяники (К)
Л7.3 — солоди черноземные (Е, СА)

8. **Дерново-подзолистая**

J8 3 — перегнойно-карбонатные (Е, К, СА)
N8.2 — лугово-черноземовидные (К)
R8.3 — темно-бурые лесные (насыщенные) (К)
Т8.2 — лугово-дерновые ненасыщенные (К)
Т8 3 — дерново-подзолистые (Е, К, СА)
Т8 5 — дерново-глеевые (Е, СА)
U8.2(3) — вторичнодерновые выщелоченные (СА)
U8.3(2) — лугово-послелесные (К)
U8.3 — бурые лесные (Е, К, СА, ЮА)
W8.3 — подзолы (Е, СА, ЮА)
Y8.3 — бурые лесные параглеевые (Е)
Г8.3 — бурые лесные параподзолистые (К)
П8 7 — перегнойно-торфяные (Е, СА)
П8.9 — торфяно-болотные (Е, СА)
Э8.10 — квасцовые земли (Е)

9. Коричневоземная

В9.2 — солонцы субтропические (А)
J9.3 — коричневые остаточнокарбонатные (Е)
L9.2 — черные субтропические (А)
L9.2(3) — коричневоземы слитые (К)
L9.4 — черные субтропические паралуговые (смолницы) (Е, К, СА, ЮА)
М9 2 — паратерра-росса (А, ЮА)
R9.2 — коричневоземы (Е, К, СА, ЮА)
R9.3 — коричневые лесные (Е, К, А, СА)
R9.5 — коричнево-луговые (Е, К, СА)
R9 6 — коричнево-лугово-лесные (Е, К)
U9 2 — желто-коричневые (ЮА)
Y9 2 — темно-коричневые деградированные (Е, К, А)

10. Желтоземная

Т10.3 — подзолистые субтропические (К)
Т10.6 — желтоземно-глеевые (Е, К, СА)
U10.3 — желтоземы (Е, К, А, СА, ЮА)
V10.2 — руброземы (ЮА)
V10 3 — красноземы субтропические (Е, К, А, СА, ЮА)
Г10 3 — желтоземы параподзолистые (К, СА)
Б10 3 — желтоземоаллиты (Е, К)
П10.7 — иловато-болотные выщелоченные (К, СА)
П10.9 — торфяно-болотные субтропические (К)

11. Пустыннотропические

А11.1′ — пустыннокаменниковые (почвы гаммад) (Е, А)
А11 1″ — краснопески (Е, А)
А11 1‴ — такырные тропические (А)
В11 2 — солонцы пустыннотропические (А)
D11 2 — почвы рэгов (А)
F11 2 — светлоземы пустыннотропические (Е)
R11 5к — культурнополивные оазисов (А)
I11 2 — краснопустынные (А)
К11 5 — луговые пустыннотропические (Е, А)
М11 2 — желто-бурые подпустынные (А)
Э11.10 — шотты и себкхас (солончаки гипсовые) (А)

12. Светло-красноземная

К12.5 — луговые тропической полупустыни (Е, А)
L12 4 — черные луговатые ариднотропические (А)
М12.2 — бурые субсаванновые (светло-красно-бурые) (Е, А)
Р12 3 — красно-бурые выщелоченные (А)
Б12 5 — лугоаллиты ариднотропические (А)

13. Сухосаванновая

К13.5 — луговые ариднотропические (Е)
К13 6 — тугайные ариднотропические (Е)
L13.4 — черные луговатые сухосаванновые (А)
Р13.2 — феррсиаллитные сухосаванновые (А)
V13.2 — красно-бурые сухосаванновые (Е)
ДР13 2 — феррсиаллитные опесчаненные сухосаванновые (А)
Э13.10 — солончаки узар (Е)

14. Красно-буроземная

К14.5 — луговые саванновые (Е)
К14.6 — лугово-лесные тропические (Е)
L14.2 — черные тропические (Е, А)
L14.4 — черные луговатые саванновые (А)
R14.3 — красно-коричневые (саванновые) (Е, А)
V14.3 — красно-бурые саванновые (А, ЮА)
Ж14.3 — аллиты насыщенные (ЮА)
Д14.6 — глеево-опесчаненные лугово-лесные (ЮА)
ДР14.3 — латеритизированные опесчаненные (А, ЮА)

15. Красноземная

К15.5 — луговые влажнотропические (Е)
К15.6 — лугово-лесные влажнотропические (Е)
L15.4 — маргаллитные (Е)
Vl5 2(3) — красные саванновые (Е, А, СА)
V15.3 — красноземы влажнотропические (Е, А, СА, ЮА)
Vл15.3 — красноземолатериты (А)
V-U15.3 — красноземы гумусные (А)
VБ15.3 — красно-желтые параподзолистые (ЮА)
Z15.6 — гумусово-глеевые влажнотропические (ЮА)
Б15.3 — латосоли каолинитовые (А, ЮА)
Бл15.3 — аллитлатеритные (Е, А)
Д15.3 — латосоли опесчаненные (с латеритом) (А, ЮА)
Д15.5 — глеево-песчаные (СА)
Д15.6 — отбеленные лугово-лесные (ЮА)

Как видим, эколого-генетический анализ позволил представить почвы разных общностей в довольно разнообразных семействах: в каждой из общностей в большинстве случаев выявлено по 10—15 почвенных типов. Мы не будем останавливаться здесь на разборе генетических соотношений почв, входящих в определенную общность, поскольку этот анализ может быть достаточно полным только при условии, если он базируется на конкретных материалах. Однако для иллюстрации возможностей, создаваемых группировкой почв по общностям, коротко остановимся на семействе почв черноземной общности.

Наиболее характерным компонентом черноземной общности является чернозем. Это как бы главный генетический тип общности. Чернозем, по определению В. В. Докучаева, — почва «растительно-наземного» происхождения, формировавшаяся под степной растительностью в условиях этого же типа климата (уравновешенное увлажнение D). В биоклиматических условиях чернозема при наличии степной растительности обеспечивался активный биологический круговорот кальция, поддерживавший его содержание на достаточно высоком уровне.

Существование в близких с черноземами биоклиматических условиях (лишь несколько выше увлажнение — DE) бруниземов (США) — почв с довольно мощным в общем богатым гумусом и оструктуренным гор. А, но с несколько кислой реакцией, уже требует дополнительных разъяснений. На территории, ныне занятой бруниземами, в прошлом существовали леса. Можно полагать, что вместе с исходно низким содержанием углекислого кальция это и обусловило выщелоченность почв.

В случае с темно-серыми лесными почвами, наоборот, допускается их былой степной генезис, а поселение леса—позднейшее явление. В данном примере лес в черноземных биоклиматических условиях, но при большей насыщенности почвообразующих пород углекальциевыми солями, обеспечивает в своем биологическом круговороте поддержание высокого углекальциевого фона. С другой стороны, с исходно лесным генезисом связывается образование серых лесных и серых лесных оподзоленных почв.

С собственно стадийным преобразованием минеральной части почв связано возникновение слитых черноземов.

Ряд генетически подчиненных типов почв (плавневые торфяники → перегнойно-глеевые → черноземно-луговые → черноземы) отражает реально существующий процесс эволюции почв в связи с диалектикой развития аллювиально-аккумулятивных равнин. Превосходным примером в данном случае служит почвенный покров Прикубанской равнины, включая ее дельтовую часть (Иозефович, 1931).

Солонцы — обычный компонент черноземной степи, где имеются соленосные почвообразующие породы, располагаются по понижениям микрорельефа. В более глубоких депрессиях, где возможно как большее скопление солей, так и более выраженный периодически промывной режим, возникают солоди. Они могут образоваться и в зоне капиллярной каймы грунтовых вод, содержащих соду — как результат длительной обработки содосодержащими растворами.

Таковы вполне реальные эколого-генетические соотношения между компонентами почвенной общности. Конечно, они лишь в редких случаях могут быть в наличии во всем комплексе связей. Но генерализованная концепция о закономерных переходах и связях между компонентами общностей облегчает генетический анализ почвенного покрова даже ограниченной по размерам территории, позволяя, в частности, уловить даже лишь намечающиеся компоненты или смены процесса. В этом отношении полезен не только перечень уже выявленных и известных типов почв, но и выявление тех, возможность существования которых вытекает из системы почв. Например, хотя в списке типов черноземной общности и нет дерновых почв на исходно высокоизвестковых породах, в природе они существуют и возможность их наличия следует из системы почв (класс J).

Наконец, выявленный состав типов почв черноземной общности облегчает и задачу расчленения территорий по почвенно-зональному признаку. Даже выраженное наличие хотя бы одного из компонентов почвенной общности дает основание для отнесения данной территории к черноземной зоне, может быть, представленной в виде некоторого фрагмента.

Аналогичные возможности создают перечни типов по другим общностям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершая этот труд, автор надеется, что идея о типах почвенных органо-минеральных реакций оказалась плодотворной. Исходя из нее, удалось выявить наиболее существенные различия в органической и минеральной составляющих почвы, а затем и характерные комплексы их, предопределяющие качественно своеобразное течение почвообразования. Закономерная смена качества реакций при последовательном изменении состава почвенного органо-минерального комплекса отражена в системе типов почвенных органо-минеральных реакций.

Опираясь на данные почвенно-экологических исследований, приведших к системе почвенных общностей, оказалось возможным наиболее генетически оправданно дифференцировать природное проявление органо-минеральных реакций разных типов по балансу вещества в процессах почвообразования и в итоге предложить общую систему почв, охватывающую как уже известные генетические типы, так и указывающую на реальность существования еще ряда типов почв, пока не описанных.

То обстоятельство, что система почв учитывает наиболее генетически важные различия в их вещественном составе, предопределило возможность предложить координатный метод диагностики почв. Этот метод диагностики вытекает из самого существа системы почв и позволяет активно использовать для диагностических целей накопленный огромный аналитический материал. Метод вполне объективен, что особенно должно быть подчеркнуто, имея в виду цели выявления и обоснования новых типов почв.

Существенным оказалось и то, что исходя из представлений о типах органо-минеральных реакций удалось на общей основе типизировать и почвенные профили.

Сам характер системы, выражающий коренные генетические различия между почвами, наличие в ней в качестве важного структурного подразделения почвенных общностей, позволяют считать, что система открывает возможности широкого использования для генетического рассмотрения почвенно-экологических данных и соотношений. Действительно, удалось разработать новый метод исследования почв — метод эколого-генетического анализа. Он не противопоставляется другим методам, применяемым при выяснении генетической природы почв, а служит целям правильного определения систематического положения почв и установления их географических закономерностей. Особенно важно, что широко привлекаемые при этом для генетического анализа данные по факторам среды используются не просто как иллюстративный материал, а будучи интерпретированными на основе установленных почвенно-экологических соотношений.

Наконец, наличие в системе почв энергетических координат — еще одно серьезное свидетельство в ее пользу.

Все отмеченное создает уверенность, что предложенная система почв не только является полезным инструментом для упорядочения всего почвенного многообразия, но послужит надежной основой для последовательного описания разнообразных генетических типов почв и их сложных связей между собой и факторами среды.

ЛИТЕРАТУРА

Авдеева А. В. и *Тюремнов С. И.*, 1930. Карта почв Северо-западного Предкавказья. Краснодар, Изд. Северо-Кавк. пром. НИИ.

Акимцев В. В., 1927. Почвы Талыша. Материалы по районированию Азербайджанской ССР, т. 2, вып. 3. Баку.

Акрамов Ю., 1964. Некоторые результаты изучения процессов гумусообразования в разных зональных почвах республики. «Изв. АН Таджик. ССР, отд. биол. наук», № 1.

Александрова Л. Н., 1962. Современные представления о природе гумусовых веществ и их органо-минеральных производных. Сб. «Проблемы почвоведения». М., Изд-во АН СССР.

Александрова Л. Н., 1967. Органо-минеральные производные гумусовых кислот и методы их изучения. «Почвоведение», № 7.

Алексеев В. А., 1969. О глинистых минералах фракции <1 μ в черноземах Молдавии. «Шестые Димовские чтения», тезисы докл. Кишинев.

Алиев Г. А., 1953. Почвы летних пастбищ Конахкендского массива. Тр. Инст. почвовед. и агрохимии АН Азерб. ССР, т. V. Баку.

Алиев Г. А., 1964. Лесные и лесостепные почвы северо-восточной части Большого Кавказа (в пределах Азербайджанской ССР) (на азерб. языке). Баку, Изд-во АН Азерб. ССР.

Алтонен В., 1953. Почвы и почвообразовательные процессы. В кн. «Финляндия». М., ИЛ.

Американская география. Современное состояние и перспективы, 1957. М., ИЛ.

Американский Север. Географический сборник, 1950. М., ИЛ.

Анджапаридзе И. Е., 1964. Некоторые особенности коричневых лесных почв Грузии. Сб. статей к VIII Межд. конгрессу почвоведов. Тбилиси.

Антипов-Каратаев И. Н., Герасимов И. П., 1948. Почвы Болгарии. София — М.

Антипов-Каратаев И. Н. и *Цюрупа И. Г.*, 1961. О формах и условиях миграции веществ в почвенном профиле. «Почвоведение», № 8.

Армянская ССР, 1955. М., «География».

Ассинг П. А., 1949. Начальные стадии выветривания и почвообразования на массивно-кристаллических породах. «Проблемы сов. почвоведения», сб. 5.

Афанасьев Я. Н., 1927. Классификационная проблема в русском почвоведении. В кн. «Успехи почвоведения». М.

Афанасьев Я., 1930. Основные черты почвенного лика земли. Минск, Изд-во Белорусск. АН.

Баас-Беккинг Л. Г., Каплан И. Р., Мур Д., 1963. Пределы колебаний pH и окислительно-восстановительных потенциалов природных сред. В кн. «Геохимия литогенеза». М., ИЛ.

Барановская А. В., 1952. Особенности гумусообразования и состава гумуса в почвах Коми АССР. Тр. Коми ФАН СССР, серия географ., вып. 1.

Барановская А. В., 1952а. К характеристике количества и состава органического вещества в почвах Калининградской области. «Почвоведение», № 5.

Безсонов А. И., 1926. О бурой зоне и бурых почвах. «Почвоведение», № 2.

Белая О. П., 1964. Генетические особенности серых лесных почв правобережной и левобережной лесостепи Украины. «Почвоведение», № 2.

Бельчикова Н. П., 1957. Некоторые закономерности содержания, состава гумуса и свойств гуминовых кислот в главнейших группах почв Союза ССР. Труды Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева, т. XXXVIII.

Белякова Л. Н., 1957. Пути повышения плодородия орошаемых почв Южного Таджикистана в условиях хлопково-люцернового севооборота. Сталинабад, Изд-во АН Таджик. ССР.

Бернар О., 1949. Северная и Западная Африка. М., ИЛ.
Беспалов Н. Д., 1951. Почвы Монгольской Народной Республики. М., Изд-во АН СССР.
Бехер Т. В., 1953. Растительность. В кн. «Гренландия». М., ИЛ.
Блэкит Р. З., 1968. Морфометрический анализ. В кн. «Теоретическая и математическая биология». М., «Мир».
Боли А., 1948. Северная Америка. М., Географгиз.
Бор Н., 1962. О единстве человеческих знаний. УФН, т. 36, № 1.
Будыко М. И., Берляндт Т. Г. и Зубенок Л. И., 1953. Тепловой баланс земной поверхности. Морской атлас, т. 2, лист 41.
Быстрый В. А., 1966. О групповом и фракционном составе гумуса в черноземах лесостепи УССР. Сообщение 2. «Агрохимия», № 12.
Вернадский В. И., 1938, 1960. Биогеохимическая роль алюминия и кремния в почвах. «Докл. АН СССР», 21, № 3; Избр. соч. т. V. М., Изд-во АН СССР.
Виво Х. А., 1951. География Мексики. М., ИЛ.
Виленский Д. Г., 1927. К вопросу об установлении системы таксономических единиц почвенного покрова. «Бюлл. почвовед.», № 3—4.
Виленский Д. Г., 1936. Почвы Северной и Южной Америки. «Почвоведение», № 4.
Виленский Д. Г., 1945. Русская почвенно-картографическая школа. М.—Л., Изд-во АН СССР.
Виленский Д. Г., 1946. Система почв. «Вестник МГУ», № 1.
Виленский Д. Г., 1950, 1954. Почвоведение, 1 и 2-е изд. М., Учпедгиз.
Виленский Д. Г., 1957. Задачи и принципы почвенного районирования СССР. «Вестник МГУ», серия биол., почв., геол., геогр., № 3.
Вильямс В. Р., 1951. Собр. соч., т. VI. М., Сельхозгиз.
Витвицкий Г. Н., 1953. Климаты Северной Америки. М., Географгиз.
Вознесенский А. С., 1935. О горно-лесных почвах Закатальского района АССР. Труды Почв. сектора ГрузФАН СССР, т. 1.
Волобуев В. Р., 1953. Почвы и климат. Баку. Изд-во АН Азерб. ССР.
Волобуев В. Р., 1955. О почвенных общностях и классификации почв Закавказья. Труды Совещания по вопросам генезиса, классификации, географии и мелиорации почв Закавказья. Баку. Изд-во АН Азерб. ССР.
Волобуев В. Р., 1955а. Некоторые вопросы учения о генетическом типе почв. «Почвоведение», № 11.
Волобуев В. Р., 1956. Об основах классификации почв. «Почвоведение», № 8.
Волобуев В. Р., 1957. Система почв Азербайджанской ССР. 10 лет АН Азерб. ССР. Научная сессия. Баку.
Волобуев В. Р., 1958. Некоторые различия в валовом составе почв влажных субтропиков Закавказья. «Изв. АН Азерб. ССР, серия биол. и сельхоз. наук», № 3.
Волобуев В. Р., 1960. Опыт классификации почв Азербайджана. «Изв. АН Азерб. ССР, серия биол. и мед. наук», № 1, 3.
Волобуев В. Р., 1960а. Почвенные зоны Евразии. «Изв. АН СССР, серия биол.», № 4.
Волобуев В. Р., 1961. Компонентная вода географической оболочки. «Почвоведение», № 11.
Волобуев В. Р., 1962. Применение графического метода в изучении состава гумуса основных типов почв СССР. «Почвоведение», № 1.
Волобуев В. Р., 1962а. Эколого-генетический анализ почвенного покрова Азербайджана. Баку, Изд-во АН Азерб. ССР.
Волобуев В. Р., 1962б. Изменение содержания кремнезема, глинозема и железа в почвах в связи с гидротермическими условиями. «Почвоведение», № 5.
Волобуев В. Р., 1963. Экология почв (очерки). Баку, Изд-во АН Азерб. ССР.
Волобуев В. Р., 1964. Об основах генетической классификации почв. «Почвоведение», № 2.
Волобуев В. Р., 1965. Генетические формы засоления почв Кура-Араксинской низменности. Баку. Изд-во АН Азерб. ССР.
Волобуев В. Р., 1966. Координатный метод диагностики почв. Тезисы докл. на Третьем Всесоюзном делегатском съезде почвоведов (4—16 июля 1966). Тарту.
Волобуев В. Р., 1967. Фазы изменения минеральной части почв. «Изв. АН Азерб. ССР, серия биол.», № 3.
Волобуев В. Р., 1967а. Координатный метод диагностики почв. «Почвоведение», № 10.
Волобуев В. Р. и Ковалев Р. В., 1955. Итоги работ и задачи дальнейших исследований в области культуры чая в Азербайджане. Труды Ин-та почвовед. и агрохим. АН Азерб. ССР, т. VII.
Высоцкий Г. Н., 1905. Глей. «Почвоведение», № 4.
Высоцкий Г. Н., 1906. Об ороклиматических основах классификации почв. «Почвоведение», № 1—4.
Высоцкий Г. Н., 1909. О фито-топологических картах, способах их составления и их практическое значение. «Почвоведение», № 2.
Гедройц К. К., 1925. Почвенный поглощающий комплекс и почвенные катионы как основа генетической почвенной классификации. В кн. «Носовская с.-х. опытн. ст. Отд. агр.», вып. 38, Л.

Гедройц К. К., 1932. Учение о поглотительной способности почв. М.—Л., Сельхозгиз.
Геоботаническая карта СССР, 1955. Под рук. и ред. Е. М. Лавренко и В. Б. Сочавы. М 1 : 4 000 000. Л., Изд-во АН СССР.
Геология и математика, 1967. Новосибирск, «Наука».
Герасимов И. П., 1947. Государственная почвенная карта СССР. «Почвоведение», № 1.
Герасимов И. П., 1948. Государственная почвенная карта СССР. Сб. «Общее собр. АН СССР, посвященное тридцатилетию Великой Октябрьской социалистической революции». М.—Л.
Герасимов И. П., 1949. Коричневые почвы сухих лесов и кустарниковых лугостепей. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, т. XXX.
Герасимов И. П., 1959. Очерки по физической географии зарубежных стран. М., «География».
Герасимов И. П., 1961. Современные латериты и латеритные почвы. «Изв. АН СССР, серия географ.», № 2.
Герасимов И. П., 1962. Новая американская классификация почв. «Почвоведение», № 6.
Герасимов И. П., 1966. Что такое субтропические подзолы Абхазии. «Почвоведение», № 11.
Герасимов И. П., 1968. Метаморфоз почв и эволюция типов почвообразования. (Обсуждение и критика представлений В. А. Ковды о палеогидроморфизме современных почв). «Почвоведение», № 7.
Герасимов И. П., Завалишин А. А., Иванова Е. И., 1939. Новая схема общей классификации почв СССР. «Почвоведение», № 7.
Герасимов И. П. и *Иванова Е. И.*, 1958. Три научных направления в разработке общих вопросов классификации почв и их взаимные связи. «Почвоведение», № 11.
Герасимов И. П. и *Матусевич С. П.*, 1945. Новые материалы по географии почв Казахстана и проект легенды к почвенной карте республики в масштабе 1 : 1 000 000. «Изв. КазФАН СССР, серия почвенная», № 1—2.
Герасимов И. П. и *Ма Юн-чжи*, 1958. Генетические типы почв на территории Китайской Народной Республики и их географическое распространение. М., Изд-во АН СССР.
Герасимова М. И., 1964. Мюкенгаузен Е. Псевдоглей. «Sci. du sol.», 1963, № 1; «Почвоведение», № 2.
Герасимова М. И. и *Ноздрунова Е. М.*, 1969. Динамика подвижных соединений в глееватых подзолистых почвах и в псевдоглеях. «Почвоведение», № 1.
Гинзбург И. И. и *Рукавишникова И. А.*, 1951. Минералы древней коры выветривания Урала. М., Изд-во АН СССР.
Глазовская М. А., 1956. Участие золы растений в образовании мелкоземистых продуктов выветривания и почв. В кн. «Кора выветривания», вып. 2.
Глазовская М. А., 1964. Применение новой системы в Австралии. «Почвоведение», № 6.
Глазовская М. А., 1966. Северо-Атлантическая фация дерновых субарктических и иллювиально-гумусово-подзолистых почв. В кн. «Генезис и география почв». М., «Наука».
Глинка К. Д., 1931. Почвоведение. М.—Л., Сельхозгиз.
Гнеденко Б. В. и *Хинин А. Я.*, 1946. Элементарное введение в теорию вероятностей. М.—Л., Гостехиздат.
Гожев А. Д., 1948. Южная Америка. М., Географгиз.
Горбунов Н. И., 1963. Высокодисперсные минералы и методы их изучения. М., Изд-во АН СССР.
Горшенин К. П., 1953. Нужна классификация почв, а не одни их списки. «Почвоведение», № 6.
Горшенин К. П., 1955. Почвы южной части Сибири. М., Изд-во АН СССР.
Грати В. П., 1961. Групповой состав гумуса слитых черноземов Молдавии. В кн. «Труды Докучаевской конференции». Кишинев, «Штиинца».
Грати В. П., Синкевич З. А., Клещ Ф. И., 1965. Содержание и состав гумуса отдельных механических фракций в почвах Молдавии. «Почвоведение», № 10.
Григорьев А. А., 1954. Географическая зональность и некоторые ее закономерности. «Изв. АН СССР, серия географ.», № 5 и 6.
Гроссгейм А. А., 1948. Растительный покров Кавказа. М., Изд. Московск. об-ва исп. природы.
Дегтярева Л. П., 1960. Состав гумуса горно-луговых и горно-луговостепных почв Кедабекского района Азербайджанской ССР. «Изв. АН Азерб. ССР, серия биол. и мед. наук», № 6.
Денисов И. А., 1962. О генезисе «латеритов» и «латеритных почв» Центрального Конго. В кн. «Проблемы почвоведения». М., Изд-во АН СССР.
Денисов И. А., 1962а. Использование тропических почв Африки в сельском хозяйстве. «Почвоведение», № 7.
Джемс П., 1949. Латинская Америка. М., ИЛ.
Димо Н. А., 1932. Агропочвенная характеристика земельного фонда Кура-Араксинской низменности. Мингечаурский водохозяйственный комплекс. Закгипровод. Тбилиси.
Добби Э., 1952. Юго-восточная Азия. М., ИЛ.
Добровольский В. В., 1968. География почв. М., «Просвещение».

Добровольский Г. В., 1968а. Почвы речных пойм центра Русской равнины. М., Изд-во МГУ.
Докучаев В. В., 1898. К вопросу о переоценке земель Европейской и Азиатской России с классификацией почв. М.
Докучаев В. В., 1900. Классификация почв профессора В. В. Докучаева. «Почвоведение», № 2. Приложение.
Докучаев В. В., 1951. Сочинения, тт. IV, V, VI. М., Изд-во АН СССР.
Долгилевич М. И., Кочкин М. А., Севастьянов Н. Ф., 1962. Состав и некоторые свойства гумуса коричневых почв Крыма. «Почвоведение», № 2.
Долгилевич М. И., Штода Г. А., 1966. Состав гумуса некоторых почв Закарпатского предгорья. «Научн. докл. высшей школы, биол. науки», № 1.
Драницын Д. М., 1915. Поездка в Алжир. Пг.
Дхир Р. П., 1965. Почвы высотных поясов северо-западных Гималаев, их морфология, генезис и вопросы классификации. Автореферат дисс. МГУ.
Дюшофур Ф., 1970. Основы почвоведения (перевод с французского). М., «Прогресс».
Ерохина А. А. и *Соколова Т. А.*, 1964. Вопросы генезиса и географии в новой системе. «Почвоведение», № 6.
Завалишин А. А., 1929. Отчет об исследовании почвенного покрова северной части бассейна оз. Гокча. В кн. «Бассейн озера Севан», Л., Изд. АН СССР и Упр. водн. хоз. ССР Армении.
Заимов К. К., Фильков В. А., 1960. Особенности органического вещества черноземов Молдавии. «Почвоведение», № 10.
Зайдельман Ф. Р. и Оглезнев А. К., 1965. Изменение химических свойств дерново-подзолистых почв под влиянием оглеения. «Почвоведение», № 5.
Захаров С. А., 1914. К характеристике высокогорных почв Кавказа. «Изв. Конст. межевого ин-та», вып. V.
Захаров С. А., 1924. О главнейших итогах и основных проблемах изучения почв Грузии. «Изв. Тифлисск. гос. политехн. ин-та», вып. 1.
Захаров С. А., 1927. Почвообразователи и почвы Азербайджана. Классификация и география почв АССР. Почвенная карта. Материалы по районированию Азербайджанской ССР, т. 2. Баку.
Захаров С. А., 1931. Курс почвоведения. М.—Л., Сельхозгиз.
Захаров С. А., 1935. Опыт классификации почв Закавказья. Труды Почвенного сектора ГрузФАН СССР.
Захаров С. А., 1936. Почвы Кура-Араксинского бассейна как объект водной мелиорации. Материалы к общей схеме использования водных ресурсов К.-А. басс.», вып. 3. Закгипровод. Тбилиси.
Зольников В. Г., Еловская Л. Г., Тетерина Л., Черняк Е. И., 1962. Почвы Вилюйского бассейна и их использование. М., Изд-во АН СССР.
Зонн С. В., 1942. Почвенная карта северного склона Кавказа. Л.—Казань. Изд-во АН СССР.
Зонн С. В., 1950. Горно-лесные почвы Северо-западного Кавказа. М.—Л., Изд-во АН СССР.
Зонн С. В., 1957. Лесные почвы Болгарии. М., Изд-во АН СССР.
Зонн С. В., 1959. Развитие почв на красноцветной коре выветривания. «Изв. АН СССР, серия биол.», № 5.
Зонн С. В., 1961. Горно-лесные почвы хвойных и буковых лесов Болгарии. София, Изд-во Болг. АН.
Зонн С. В., 1963. Принципы классификации лесных почв и методы их изучения в СССР. «Почвоведение», № 2.
Зонн С. В., 1964. Использование новой системы для изучения почв горных областей США. «Почвоведение», № 6.
Зонн С. В., Васкез Л. Р., Местре П. К., 1966. Опыт построения генетической классификации почв Кубы. «Почвоведение», № 12.
Иванова Е. Н., 1952. Основные закономерности в распределении почв вдоль трассы Печорской ж. д. Труды Коми ФАН СССР, серия географ., вып. 1.
Иванова Е. Н., 1956. Опыт общей классификации почв. «Почвоведение», № 6.
Иванова Е. Н., Розов Н. Н., 1960. Классификация почв СССР. В кн. «Докл. советских почвоведов к VII Международн. конгрессу почвоведов». М., Изд-во АН СССР.
Иванова Е. Н., Розов Н. Н., 1964. Систематика и номенклатура почв СССР. В кн. «Генезис, классификация и картография почв СССР». М., «Наука».
Иловайская Н. Н., 1959. Органическое вещество основных типов почв Таджикистана. «Почвоведение», № 8.
Ильинский А. П., 1937. Растительность земного шара. М.—Л., Изд-во АН СССР.
Иозефович Л. И., 1931. О возрасте и эволюции гидрогенных почв в связи с их использованием. Сельхозгиз.
Капо-Рей Р., 1958. Французская Сахара. М., Географгиз.
Карманов И. И., 1965. Почвы предгорий северо-западного Алтая и их использование в сельском хозяйстве. М., «Наука».
Кауричев И. С., 1967. Сезонные особенности современного почвообразования в некоторых типах почв. «Изв. ТСХА», вып. 5.

Кауричев И. С., Кулаков Е. В., Ноздрунова Е. М., 1958. К вопросу об образовании и миграции железоорганических соединений в почвах. «Почвоведение», № 12.
Кауричев И. С. и *Ноздрунова Е. М.*, 1961. Роль компонентов водорастворимого органического вещества растительных остатков в образовании подвижных железоорганических соединений. «Почвоведение», № 10.
Кауричев И. С. и *Ноздрунова Е. М.*, 1964. Общие черты генезиса почв временного избыточного увлажнения. В кн. «Новое в теории оподзоливания и осолодения почв». М., «Наука».
Кауричев И. С., Ноздрунова Е. М., 1969. Условия образования и масштабы миграции органо-минеральных соединений в почвах таежно-лесной зоны. «Изв. ТСХА», вып. 5.
Кац Н. Я., 1948. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. М., Географгиз.
Кедров Б., 1965. Пути познания истины. «Новый мир», № 1.
Кецховели Н. Н., 1957. Карта растительности Грузинской ССР. М., ГУГК.
Кизяков Ю. Е., 1966. Почвы равнинной части междуречья Балкан—Малика в Кабардино-Балкарии и пути повышения их плодородия. Автореферат дисс. Почв. ин-т им. В. В. Докучаева.
Кириченко К. С., 1953. Почвы Краснодарского края. Краснодар, Крайгосиздат.
Клаус Г., 1960. Введение в формальную логику. ИЛ.
Клопотовский Б. А., 1935. О почвах северной части ССР Армении. Труды Почв. сектора ГрузФАН СССР, т. 1.
Клопотовский Б. А., 1948. Каменные кольца на горе Арагац в Армении. «Докл. АН Арм. ССР», IX, № 1.
Ковалев Р. В., 1966. Почвы Ленкоранской области. Баку. Изд-во АН Азерб. ССР.
Ковда В. А., 1934. К географии подзолистой стадии почвообразования. Труды. Почв. ин-та АН СССР, т. X, в. 2.
Ковда В. А., 1956. Минеральный состав растений и почвообразование. «Почвоведение», № 1.
Ковда В. А., 1958. В пустынях и оазисах Египта. «Вестн. АН СССР», № 9.
Ковда В. А., 1959. Очерки природы и почв Китая. М., Изд-во АН СССР.
Ковда В. А., Кондорская Н. И., 1957. Новая почвенная карта Китая. «Почвоведение», № 12.
Ковда В. А., Лобова Е. В., Розанов Б Г., 1967. Проблема классификации почв Мира. «Почвоведение», № 4.
Койнов В., 1964. Смолницы Болгарии и их особенности. В кн. «Почвы Юго-восточной Европы». София.
Коляго С. А., 1964. Южные и обыкновенные черноземы правобережья Енисея Минусинской впадины. В кн. «Очерки по географии и генезису почв Средней Сибири». М., «Наука».
Коновалов Е. П., 1935. Структурные почвы на северо-восточном склоне Эльбруса. «Изв. Гос. Географ. общ.», т. 67, в. 5.
Кононова М. М., 1951. Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения. М., Изд-во АН СССР.
Кононова М. М., 1963. Органическое вещество почвы. М., Изд-во АН СССР.
Константинов А. Р., Сакали Л. И., 1967. Роль составляющих теплового и водного балансов в формировании ландшафта. В кн. «Геофизика ландшафта». М., «Наука».
Коротков А. А., 1957. Влияние растительности на состав гумуса дерново-подзолистых почв. «Почвоведение», № 8.
Коссович П. С., 1904. К вопросу о генезисе почв и об основах для генетической почвенной классификации. «Ж. опытной агрономии», т. VII.
Коссович П. С., 1911. Основы учения о почве, ч. 2, вып. 1. СПб.
Котхекар В. Ш., 1967. Регуры Индии — морфология, физико-химические свойства, генезис и агрономическое использование. Автореф. дисс. МГУ.
Крупеников И. А., 1967. Черноземы Молдавии. Кишинев, «Картя Молдовеняскэ».
Кулешов Л. Н., 1967. Сравнительная характеристика слитых почв Степного плато и Ленкоранской Мугани Азербайджанской ССР. Автореф. дисс. Баку.
Кулешов Л. Н., 1969. Химико-минералогический состав слитых почв Ленкоранской Мугани. «Изв. АН Азерб. ССР, серия биол.», № 3.
Ларин И. В., 1953. Определение почв и сельскохозяйственных угодий по растительному покрову. М.—Л., Сельхозгиз.
Ледли Р. и *Ластед Л.*, 1963. Использование электронных вычислительных машин для обработки медицинских данных: в процессе постановки диагноза, для отыскания необходимой информации и хранения медицинских данных. В кн. «Электроника и кибернетика в биологии и медицине». М., ИЛ.
Леонтьев В. Л., 1954. Саксауловые леса пустыни Кара-Кум. М.—Л., Изд-во АН СССР.
Летунов П. А., 1956. Принципы комплексного природного районирования в целях развития сельского хозяйства. «Почвоведение», № 3.
Ливеровский Ю. А., 1969. О некоторых нерешенных вопросах классификации и систематики почв СССР. «Почвоведение», № 2.
Липшиц С. Ю. и *Ливеровский Ю. А.*, 1937. Почвенно-ботанические исследования и проблема сельского хозяйства в центральной части долины реки Камчатки. М.—Л., Изд-во АН СССР.

Лобова Е. В., 1945. Почвенная карта Казахстана (в масштабе 1 : 200 000). М., Изд-во АН СССР.
Лобова Е. В., 1956. Почвы пустынной зоны СССР. «Доклады VI Международн. конгр. почвоведов». М., Изд-во АН СССР.
Лобова Е. В., 1960. О почвах Ганы. «Почвоведение», № 1.
Лобова Е. В., 1960а. Почвы пустынной зоны СССР. М., «Наука».
Лобова Е. В., 1962. Некоторые данные о почвах США по маршруту от Мэдисона (Висконсин) до Сан-Франциско. «Почвоведение», № 8.
Лукашова Е. Н., 1958. Южная Америка. М., Учпедгиз.
Ляпунов А. А., 1964. О строении управляющих систем живой природы. В кн. «Кибернетика, мышление, жизнь». М., «Мысль».
Магакьян А. К., 1941. Растительность Армянской ССР. М.—Л., Изд-во АН СССР.
Мамытов А. М., Ройченко Г. И., Баженов Н. К., Макаренко В. А., Аширахманов Ш., 1966. Почвы Киргизии (систематическая и диагностическая характеристика). Фрунзе, «Кыргызстан».
Маттсон С., 1938. Почвенные коллоиды. М., Сельхозгиз.
Ма Юн-чжи, Вэнь Чжень-ван, Ван Ан-цю, 1957. Проект районирования почв Китая. М., ИЛ.
Мириманян Х. П., 1940. Черноземы Армении. М.—Л., Изд-во АН СССР.
Мэнье Р., 1965. Бурые субаридные тропические почвы Западной Африки. В кн. «География и классификация почв Азии». М.
Неговелов С. Ф., 1927. Изменения в явлениях поглощения в связи со степенью деградации чернозема. Центр. ин-т опытн. табаковод., вып. 37. Краснодар.
Немечек И., Поспишил Ф., 1966. Содержание и состав гумуса освоенных почв ЧССР. «Почвоведение», № 8.
Неуструев С. С., 1915. О почвенных комбинациях равнинных и горных стран. «Почвоведение», № 1.
Неуструев С. С., 1926. Опыт классификации почвообразовательных процессов в связи с генезисом почв. Отд. оттиск из «Изв. Географ. ин-та», вып. 6, Л.
Неганов А. Ф., Глотова Т. В., 1951. Характеристика органического вещества обыкновенного и южного чернозема Саратовской области. «Уч. зап. Саратовск. ГУ», т. XXVII.
Никитина А. И., 1948. О бурых лесных почвах горного Таджикистана. Труды Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева, т. XXVIII.
Новик И. Б., 1964. К вопросу о единстве предмета и метода кибернетики. В кн. «Кибернетика, мышление, жизнь». М., «Мысль».
Норин Б. Н., 1957. Место лесотундры в системе растительных зон и проблема выделения лесотундрового типа растительности. Делегатский съезд Всесоюзн. бот. об-ва, тезисы докл., вып. IV. Л.
Перельман А. И., 1961. Геохимия ландшафта. М., Географгиз.
Полынов Б. Б., 1933. Основы построения генетической классификации почв (предварительные тезисы). Сб. «Задачи и методы почвенных исследований». М.—Л., Сельхозгиз.
Полынов Б. Б., 1934. Кора выветривания. ч. 1. Л., Изд-во АН СССР.
Полынов Б. Б., 1945. Первые стадии почвообразования на массивно-кристаллических породах. «Почвоведение», № 7.
Полынов Б. Б., 1947. Основные идеи учения о генезисе элювиальных почв в современном освещении. Юбилейный сб., посвященный тридцатой годовщине Великой Октябрьской соц. революции, ч. II. М.—Л., Изд-во АН СССР.
Полынов Б. Б., Романов В. В., Грабовская О. А., 1938. Почвы черноморского берега Аджарии. Л.
Полынцева О. А., 1952. Почвы тундры и лесотундры вдоль Печорской ж. д. от ст. Абезь до ст. Воркута. Труды Коми ФАН СССР, серия географ., вып. 1.
Пономарев Г. М., Антипов-Каратаев И. Н., 1947. Почвы степных типов почвообразования, развитые на изверженных кристаллических породах (опыт количественной обработки аналитических материалов). Труды Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева, т. XXV.
Пономарева В. В., 1957. К методике изучения состава гумуса по схеме И. В. Тюрина. «Почвоведение», № 8.
Пономарева В. В., 1959. К методике изучения органического вещества в торфяно-болотных почвах В кн. «Современные почвенные процессы в лесной зоне Европейской части СССР». М., Изд-во АН СССР.
Пономарева В. В., 1962. О роли гумусовых веществ в образовании бурых лесных почв. «Почвоведение», № 12.
Пономарева В. В., 1964. Теория подзолообразовательного процесса. М., «Наука».
Пономарева В. В., 1966. Биогеохимическое значение леса. «Изв. АН СССР, серия географ.», № 5.
Пономарева В. В., Рагим-заде А. И., 1969. Сравнительное изучение фульвокислот и гуминовых кислот как агентов разложения силикатных минералов. «Почвоведение», № 3.
Почвенно-географическое районирование СССР, 1962. М., Изд-во АН СССР.
Почвы Азербайджанской ССР, 1953. Баку, Изд-во АН Азерб. ССР.

Почвы Болгарии, 1959. М., Изд-во АН СССР.
Прасолов Л. И., 1936. К вопросу о классификации и номенклатуре почв. Сб.: «Академику Ф. Ю. Левинсону-Лессингу к пятидесятилетию его научной и общественной деят.». М.—Л., Изд-во АН СССР.
Прасолов Л. И., 1937. О единой номенклатуре и основах генетической классификации почв. «Почвоведение», № 6.
Прасолов Л. И., 1939. О методах и направлениях почвоведения. «Проблемы советского почвоведения», сб. 8.
Прасолов Л. И., 1940. Пути разрешения современных задач почвоведения. «Проблемы советского почвоведения», сб. 11.
Прилипко Л. И., 1964. Карта растительности (современный покров) Азербайджанской ССР. Баку, Изд-во АН Азерб. ССР.
Проблема целостности в современной биологии. 1968. М., «Наука».
Путнам Д., Брунет Б., Керр Д., Робинсон Дж., 1955. Канада. Географические районы. М., ИЛ.
Рейнтам Л., 1970. К характеристике почв буроземного типа. Сб. научн. трудов Эстонской с.-х. акад.
Рейнтам Л. Ю., Раукас А. В., 1965. Об изменении механического, минералогического и химического состава дерново-подзолистых почв на карбонатной красно-бурой морене. «Почвоведение», № 3.
Ремезов Н. П., 1952. Почвы, их свойства и распространение. М., Учпедгиз.
Ричардс П. У., 1961. Тропический дождевой лес. М., ИЛ.
Роде А. А., 1937. Подзолообразовательный процесс. М.—Л., Изд-во АН СССР.
Роде А. А., 1956. Водный режим почв и его типы. «Почвоведение», № 4.
Роде А. А., 1969. Почвенные гидрологические горизонты и почвенный гидрологический профиль. «Почвоведение», № 3.
Роде А. А., 1969а. Зарубежные исследования по классификации водных режимов. «Почвоведение», № 12.
Розанов А. Н., 1951. Сероземы Средней Азии. М., Изд-во АН СССР.
Розов Н. Н., 1954. (при участии Е. В. Лобовой). Почвенная карта СССР для высших учебных заведений. Масштаб 1 : 4 000 000. М., ГУГК — Почвенный ин-т АН СССР.
Розов Н. Н., 1956. К вопросу о принципах построения генетической классификации почв. «Почвоведение», № 6.
Розов Н. Н., 1969. Сопоставление классификации почв СССР с новой американской системой. «Почвоведение», № 6.
Розов Н. Н., Иванова Е. Н., 1967. Классификация почв СССР (принципы и систематический список почвенных типов). «Почвоведение», № 2.
Розов Н. Н., Иванова Е. Н., 1967а. Классификация почв СССР. «Почвоведение». № 3.
Розов Н. Н., Караваева Н. А., Роде Т. А., 1957. Первый пленум комиссии по номенклатуре, систематике и классификации почв при Академии наук СССР. «Почвоведение», № 8.
Розов Н. Н., Рубилин Е. В., Руднева Е. Н., 1961. Общая характеристика почвенного покрова Северо-Американского континента. «Почвоведение», № 12.
Руденская К. В., 1959. К характеристике органического вещества основных почв Ростовской области. «Почвоведение», № 11.
Рябчиков А. М., 1950. Природа Индии. М., Географгиз.
Сабашвили М. Н., 1948. Почвы Грузии. Тбилиси, Изд-во АН Груз. ССР.
Сабашвили М. Н., 1957. Почвенная карта Грузинской ССР. М., ГУГК.
Сабашвили М. Н., Джикаева М. А., 1966. О почвах типа смолниц в Грузии. «Сообщ. АН Груз. ССР», № 2 (41).
Салаев М. Э., 1966. Почвы Малого Кавказа (в пределах Азербайджанской ССР), Баку. Изд-во АН Азерб. ССР.
Саникидзе А. О., 1940. Почвы Кахетии. Ин-т виногр. и виноделия. Тбилиси.
Сибирцев Н. М., 1898. Краткий обзор главнейших почвенных типов России. «Зап. Ново-Алекс. ин-та», т. 11.
Сибирцев Н. М., 1951, 1953. Избр. соч., т. I, II. М., Сельхозгиз.
Скляров Г. А., 1964. Лесостепные почвы Башкирской АССР, их генезис и производственная характеристика. М., «Наука».
Советский Союз, Армения, 1966. Географ. описание в 22 томах. М., «Мысль».
Соколов Д. Ф., 1963. Влияние органического вещества различных древесных пород на чернозем. В кн. «Биогеоценотические исследования в дубравах лесостепной зоны». М., Изд-во АН СССР.
Соколовский А. Н., 1956. Сельскохозяйственное почвоведение. М., Сельхозгиз.
Сочава В. Б., 1954. Геоботаническая карта СССР. «Природа», № 10.
Сперанская Г. И., 1965. Групповой состав гумуса черноземов Татарской АССР. «Научн. докл. высшей школы, биол. науки», № 4.
Странски Иван, 1958. Вклад советского почвоведения в изучение болгарских почв. «Почвоведение», № 7.
Сун Да-чен, 1954. Генезис, развитие и общие свойства черноземов, дерново-подзолистых и заболоченных почв в северо-восточном Китае. «Почвоведение», № 4.

Тарасашвили Г. М., 1956. Горно-лесные и горно-луговые почвы Восточной Грузии, Тбилиси, Изд-во АН Груз. ССР.
Трашлиев Х., Крысанов С., Хаджиянакиев А., 1964. Генезис и классификация серых лесных почв в Болгарии. В кн. «Почвы Юго-Восточной Европы». София.
Трофименко К. И., 1966. Генезис, география, систематика и агропроизводственная оценка почв Предкавказья. Автореферат дисс. Почв. ин-т им. В. В. Докучаева.
Тюлин А. Ф., 1958. Органо-минеральные коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания высших растений. М., Изд-во АН СССР.
Тюремнов С. И., 1927. Почвы Восточно-Закавказской равнины. Материалы по районированию Азерб. ССР, т. II, вып. 2. Баку.
Тюрин И. В., 1937. Органическое вещество почвы. Л., Сельхозгиз.
Тюрин И. В., 1951. К методике анализа для сравнительного изучения состава почвенного перегноя, или гумуса. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, т. XXXVIII.
Тюрин И. В., 1951а. Некоторые результаты работ по сравнительному изучению состава гумуса в почвах СССР. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, т. XXXVIII.
Тюрина-Зейналашвили Р. Н., 1965. Изменение почвообразовательного процесса и плодородия почв каштановой зоны в условиях сельскохозяйственного производства. Автореферат дисс. МГУ.
Тюрк Л., 1958. Баланс почвенной влаги. Л., Гидрометеоиздат.
Ту Мен-чжао, 1961. О гумусе и его роли в генезисе некоторых тропических и субтропических почв Китая. «Почвоведение», № 12.
Указания по классификации и диагностике почв, вып. III, IV, 1967, М., «Колос».
Уотерман Т., 1968. Проблема. В кн. «Теоретическая и математическая биология». М., «Мир».
Урусевская И. С., 1963. Серые лесные почвы центральных районов Калужской области. Автореферат дисс. МГУ.
Фагелер П., 1935. Основы учения о почвах субтропических и тропических стран. Сов. секция МАП и Гл. упр. субтропич. культур НКЗ СССР. М.
Фиапшев Б. Х., 1963. Черноземы Малой Кабарды. Автореферат дисс. Ростовский гос. ун-т.
Философов Б. И., Паписов Р. И., 1935. Почвы Колхидской низменности. Труды Почвенного сектора ГрузФАН СССР, т. 1.
Фридланд В. М., 1964. Почвы и коры выветривания влажных тропиков (на примере Северного Вьетнама). М., «Наука».
Фридланд В. М., 1970. Симпозиум по тропическому выветриванию в Бандунге (Индонезия) 17—22.XI 1969. «Почвоведение», № 6.
Фридланд В. М. и *Караева З. С.,* 1962. О происхождении кислых засоленных почв. «Почвоведение», № 7.
Хан Д. В., 1969. Органо-минеральные соединения и структура почвы. М., «Наука».
Чернов В. П., 1965. Типичные подзолистые почвы Пермской области, сформированные на покровных и моренных суглинках. «Почвоведение», № 3.
Чижикова Н. П., 1968. Минералогический состав высокодисперсной части черноземов центральной фации. «Научн. докл. высшей школы, биол. науки», № 6.
Шифферс Е. В., 1953. Растительность Северного Кавказа и его природные кормовые угодья. М.—Л., Изд-во АН СССР.
Шлейнис Р. Н., 1965. О составе гумуса почв дубовых лесов Литовской ССР. «Почвоведение», № 6.
Шокальская З. Ю., 1948. Почвенно-географический очерк Африки. М.—Л., Изд-во АН СССР.
Яковлев С. А., 1914. Почвы и грунты по линии Армавир-Туапсинской железной дороги. СПб.
Яковлева М. Н., 1958. О геохимии алюминия, титана, железа и кремния в условиях сернокислотного выветривания (в связи с вопросами о происхождении боксита). В кн. «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР.
Яковлева М. Е., 1962. Темнокаштановые почвы и солонцы Тургайской равины, их генетические особенности и плодородие. Автореферат дисс. МГУ.
Ярков С. П., 1961. Почвы лесо-луговой зоны. М., Изд-во АН СССР.
Aarnio B., 1930. Salt soils in Finland. „Maataloustieteellinen Aikakauskirja", № 2.
AETFAT (Association pour l'Etude Taxonomique de la Flora d'Afrique Tropicale), 1959. Carte de la végétation de d'Afrique—Vegetation map of Africa. Oxiord University Press.
Arkley R. J., 1968. Statistical methods in soil classification. 9th Int. Congr. of Soil Sci. Transactions. v. IV Adelaide.
Aubert de la Rüe E., Bourlinere F., Harroy J.-P., 1958. The Tropics. London.
Avery B. W., 1968. General soil classification: hierarchical and co-ordinate sistems. 9th Int. Congr. of soil Sci. Transactions, v. IV. Adelaide.
Bailey E. H., 1944, 1945. Hydrogen-ion concentration of the important soils of the United States in relation to other profile characteristics. „Soil Sci.", v. 57, № 6, v. 59, № 3.
Balint Iolanda, 1964. Contributions to the study of clay minerals of some leached chernozems. Transactions 8th Int. Congr. of Soil Sci. ,v. 3. Bucharest.

Barshad J., 1955. Soil development. Chemistry of the soil. Nev York.
Basinski J. J., 1959. The russian approach to soil classification and its recent development. „J. Soil. Sci.", v. 10, № 1.
Bidwell O. W., Hole F. D., 1964. An experiement in the numerical classification of some Kansas soils. „Soil. Sci. Soc. America proc.», 28 № 2.
Bidwell O. W., Marcus L., Sarkar P. K., 1964. Numerical classification of soils by electronic computer. Transaction 8th Int. Congr. of Soil Sci., v. 5. Bucharest.
Bloomfield C., Coulter J. K., Kanaris-Sotiriou R., 1968. Oil Palms on Acid sulphate soils in Malaya. „Tropical Agriculture", v. 45, № 4.
Boateng E. A., 1959. A geography of Ghana. Cambridge.
Boulaine J., 1957. Relations entre la plante et le sol dans les Rizieres. „Trav. des sect. pedologie et agrol.", bull. № 3.
Bramao D. L., Lemos P., 1961. Soil map of South America. Transaction of 7th Int. Congr. of Soil Sci., v. IV, Commissi V and VII. Amsterdam.
Bramao D. L., Simonson R. W., 1956. Rubrozem—a proposed creat soil group. Rapports VIe Congr. Int de la science du sol, vol. E (Commission V.), Paris.
Bram"er H., 1959. Soils of Ghana. Ghana Dep. of agric. Kumasi.
Bridgeman P. W., 1927. The logic of modern Physics. Mac-Millan. N. Y.
Bunting B. T., 1967. The geography of soil. London.
Chhibber H. L., 1945. India. Pt. I. Physical basis of geography of India. Benares.
Ching-Kwei Lee a Shio-Ni Chang, 1956. Chemical characteristics of red soils China. Peking.
Chirita C. D., Butucelea S., Ionescu M., Menedinti V. şi Popa A., 1962. Procese de pedogeneza si soluri de degradare morfgenetica in zona solului brun-roşcat de padure din Ţîmpia Romîna. Studii si cercetâri de agronomie (Cluj). Anne XIII.
Chirita C. D., Butucelea S., Menedinti V. Şi Orenschi St., 1962. Variabilitea superficia la a orisontului cu humus al solului in paduri de quercinee si importantta acestei in procesul de solificare. Studuii si cercetari de biologie vegetala, t. XIV, 2.
Chirita C. D., Paunescu C., Teaci D., 1967. Solurile României. Bucuresti.
Clark J. S., 1964. Some cation-exchange properties of soils containing free oxides. „Canad journ. of Soil Sci.", v. 44, № 2.
Cline M. G., 1949. Basic principles of soil classification. „Sol. Sci.", 67.
Cline M. G., 1963. Logic of the sistems of soil classification. „Soil Sci.", v. 96, № 1.
Correns D. W., 1949. Einiührund in die Mineralogie. Springer—Verlag. Berlin.
Costa de Lemos R. a. Bennema J., 1961. Podzolic soils on calcareous saustone in S. Paulo state, Brazil. Transaction of 7th Int. Congr. of Soil Sci., v. IV. Amsterdam.
Crowther E. M., 1953. The sceptical soil chemist. „J. Soil Sci.", v. 4, № 2.
Dan J., Yaalon D. H., Koyumdjisky H. a. Raz Z., 1962. The soils and soil associations map of Israel. Ierusalem.
D'Hoore J. L., 1964. La carte des sols D'Afrique au 1/5 000 000. Memorire explicatif. Lagos.
Drosdoff M., Quevedo F. a. Zamora C., 1961. Soils of Peru. Transaction of 7th Int. Congr. ot Soil Sci. v. IV, Com. IV—VII. Amsterdam.
Duchafour Ph., 1957. La podzolization en climat atlantique. „An edafol. y agrobiol.", 26, № 1—4.
Dudal R., 1963. Dark cley soils of tropical and subtropical regions. „Soil Sci.", v. 95, № 4.
Dudal R., 1968. Definitions of soil units for the soil map of the World. FAO. Rome.
Durand J. H., 1954. Les sols D'Algèrie. Birmandreis.
Edelman C. H. ad Schuffelen A. C., 1948. On the origin of some clay minerals in soils. Compt. rend. de la conf. de pédol. mediterranéenne. Paris.
Ehwald E., 1956. Über einige probleme der forstlichen humusforschund insbesondere die enstehund und die entellung der waldhumusformen Deutsche Academie der landwirschaffswissenschaiten zu Berlin, B. 5, H. 12.
Ehwald E., 1958. Bemerkungen zur Abgrenzung und Cliederung der wichtigsten Bodentupen Mitteleuropas unter dem Gecchspunkt einer internationalen Annäherung in der Bodensystematik. Zeitschrift fur Pilanz. Düng. u. Bodenkunde. B. 80 (125), H. I.
Ehwald E., 1965. Die neue amerikanische bodenklassifikation. Sitzungsberchte, B. XIV, H. 12.
Experimental pedology (ed. by Hallsworth F. G., Growford D. V.), 1965. London.
Fildes M., 1968. Constitutional classiffication of soils. 9th. Int. Congr. of Soil Sci. Transaction. Adelaide.
Filipovsci G. a. Ćirić M., 1969. Soils of Yugoslavia. Belgrade.
Fitzpatrick E. A., 1967. Soil nomenclature and classification. „Geoderma", № 2.
Fournier F., 1962. Map of erosion danger in Africa south of the Sahara. Paris..

Fripiat J. J., 1965. Surface chemistry and soil science. „Experimental pedology", London.
Gibbons F. R,. 1968. Limitatios to the ' usfulness of soil classification. 9th Int. Congr. of Soil Sci. Transactions. v. IV. Adelaide.
Hardy F., 1933. Cultivation properties of tropical red soil. „The Empire j. of experiment. agric.",v. 1, № 2.
Hardy E., 1942. The soils of South America. „Chronica botanica", VII, 5.
Harrassowitz H., 1930. Lateris und allitischer (lateritischer) Rotlehra. Handbuch der Bodelehre, herausgegeben von. E. Blanck. Bd III, 436. Berlin.
Hènin S. a. Pedro G., 1965. The laboratory weathering of rocks. „Experimental pedoiogy". London.
Jackson M. L., 1968. Weathering of primary and secondary mineral in soils. 9th Int. Congr. of Soil Sci., Transaction, v. IV. Adelaide.
Jenny H., 1948. Great soil groups in the equatorial regions of Colombia. South. America. „Soil Sci.", № 1.
Kanno Ichiro, 1962. Cenesis and Classification of humic allophane soil in Japan. Int. soil conf New Zealand. Wellington.
Kanno Ichiro, 1962. A new classification sistem of rice soils in Japan. International soil conf. New Zealand. Wellington.
Kellogg Ch. E., 1938. Soil and society. Soil and men. Yearbook of agriculture.
Kellogg C. E., 1963. Why a new sistem of ciassification? „Soil Sci.", v. 96, № 1.
Kellogg C E. a. Staf., 1957. U. S. Departament of Agr. Handbook, № 18.
Knox E. G., 1965. Soil Individuals and soii ciassification. „Soil Sci.", Soc. of. Am. Proceedings", v. 29, № 1.
Kohnke H., Stuff R. G., Miller P. A., 1968. Quantative relation between climate and soil formation. „Z. Pflanz. und Bodenkunde", 119, № 1.
Койнов В., 1955. Почвенна карта на Тракийската низина (1 : 200 000). София.
Koyumdjisky D., Raz Z., Yaalon D. H., 1966. Israel soil associations. Jerusalem.
Kubiena W., 1953. The soils of Europe. London—Madrid.
Kubiena W. L., 1956. Rubefizierung und Laterisierund (zu ihrer Unterscheidung durch micromorfologische Merkmale). Rapp. VI-e Congr. Internat. Sci. Sol., v. E, com. V. Paris.
Kubiena W., 1958. The Classification of Soils „J. Soil Sci.", v. 9, № 1.
Laatsch W., 1938. Dynamik der deutschen Asker-und Waldböden. Dresden und Leipzig.
Leaney A., 1947. Characteristics of soils adjacent to the Mackenzie River in the northwest territories of Canada. Soil sci. soc. of Amer. Proceedings, v. 12.
Leener G. W., 1956. The Classification of soil. „J. Soil Sci.", № 7.
Leneuf N., 1957. L'alteration des granites calco-alcalins et des granodiorites en Cote D'ivoire forestiér et les soils les soils qoi en sont dérivés. Paris.
MàcEwan D. M., 1948. Complex formation between montmorillonite and halloysite and certain organic liquids. Trans. Farad. soc,. 44, № 306.
Marbut C. F., 1935. Soils of the United States. Atlas of American Agriculture. Part III, U. S. Dept. Agr., Bur. Agr. Econ. Washington.
Martin F. J. a. Doyne H. C., 1927. Laterite and lateritic soils in Sierra Leone. „J. Agric. Sci.", XVII, № 2.
Matthei A., 1939. Die Bodengeographie von Süd Amerika. „Soil research", v. VI, № 6.
Ma Yung-Chin, 1956. General principles of geographical distribution of Chiness soils. Re,port for the 6th Int. Congr. of Soil Sci. Peking.
Miller C. E., Turc. L. M., 1943. Fundamentals oi soil science. N. Y.—London.
Miller G. J., Parkins A. E., Hudgins B., 1944. Geography of North America. N. Y.—London.
Milne G., 1947. A. soils reconnaissance journey through parts of Tanganyika. Territory, December 1935 to February 1936. „J. ecol.", 35.
Mohr E. C., 1944. The soils equtorial regions with special reference to the Netherlands East Indies Michigan
Mohr E. C. a Van Baren F. A., 1954. Tropical soils. Hague and Bandung.
Moore A. W., Russel J. S., 1966. Potential use of numerical analysis and Adansonian concepts in soil science. „Austral. J. sci.", 29, № 5.
Moss H. C. a. Arnaud R. J. St., 1955. Grey wooded (podzolie) soils of Saskatchewan, Canada. J. Soil Sci., v. 6.
Mückenhausen E., 1963. Pseudogiei. „Science du sol", № 1.
Nemecek J. a. kol., 1967. Průzkum zemedelsych pud CSSR, I, II. III. Praga.
Nyun M. A. a. Mc Cale S. B., 1955. The reddish brown lateritic soils of the North Carolina Piedmont Region: Davidson an Hiwassee series. „Soil sci.", v. 80, № 1.
Patterns of soil orders and suborders of the United States (map), 1967. U. S. Dep. of Agric. Hyattsville.
Phillips J., 1959. Agriculture and ecology in Africa. London.

Pospisil F., 1964. Fractionation of humus substance of several soil types in Czechoslovakia. „Rostlinna výroba", 5—6.
Prescott J. A. and *Pendleton R. L.*, 1952. Laterite and lateritic soils. Leicester.
Proposal for uniform system of soil horizont designations, 1967. „Bull. of the Int. Soc. of Soil Sci.", № 31. Amsterdam.
Prusinkiwiecz Z. i Calinski T., 1963. Badania nad mozliwoscia sistematyzovaniacleb w. oparciu o wielocechowa taksonomie wroclawska. Poznanskie towarstwo przyjaciol, naiktom XVI, zetszut.
Prusinkiewicz Z., Calinski T., 1964. Unterschunolen über Anwendbakeit der statistischen Method in der Bodensistematik. Roczniki gleboznawcze, dodatek do tomu XVI.
Rattray J. M., 1960. The grass cover of Africa. FAO. Rome.
Rayner J. H., 1966. Classification of soils by numerical method. „J. soil sci.", 17.
Reifenberg A., 1947. Some observation on red soils. „Comptes rendus de la conference de pedologie Mediterraneenne". Paris.
Rieger S., 1966. Dark well-drained soils of tundra regions in Western Alaska. „J. Soil Sci.", v. 17, № 2.
Robinson G. W., 1936. Soils, their origin, constitution and classification. An introduction to Pedology. London.
Russel J. S., *Moore A. W.*, 1967. Use of a numerical method in determining affinities between some deep sandy soils. „Geoderma", I, № 1.
Sambrock W. G., 1966. Amazon soils. Wageningen.
Sarkar P. K., *Bidwell O. W.*, *Marcus L. F.*, 1966. Selection of characteristics for numerical classification of soils. „Soil. Sci. Soc of Am. proceed.", v. 36, № 2.
Segalen P., 1964. Le fer dans les sols. ORSTOM. Paris.
Simonson Roy W., 1959. Outline of a generalized theory of soil genesis. Soil sci soc. of Am proc., v. 23, No2.
Simonson R. W., *Riecker F. F.*, *Smith G. D.* 1952. Understanding Iowa soils. Iowa.
Smith G. D., 1963. Objectives and basic assumptions of the new soil classification sistem. „Soil Sci.", v. 96. № 1.
Smith G. D., 1965 Lectures in soil classification. „Pedologic", № 4.
Soil classification, a comprehensive sistem. 1960. „7th Approximation" Soil survey staff. Washington.
Soils map of Africa. 1:5 000 000, 1964. Comission for Technical Cooperation in Africa (C. C. T. A.). Lagos.
Sokal R. R., *Sneath P. H. A.*, 1963. Principles of numerical taxonomy. W. H. Freeman a. Co., San-Francisco—London.
Sys K., 1960. La carte des sols du Congo Belge et du Ruanda-Urundi „Pedologie", Gand, v. X, № 1.
Szabolcs I. a. col., 1966. A genetikus üzemi talajtérképezes módszerkönyve. Budapest.
Tamhane R. V. a. Namjoshi N. G., 1959. A. comparative study of blach soils formed from different parent rocks. „J. Ind. soc. of soi. sci.", № 1.
Танов Е., *Койнов В.*, 1955. Почвена карта на НР България (1:1 000 000). София.
Tavernier R. A., *Marechal R.*, 1958. Le carte dess assotiations des sols de la Belgiqu. „Pedologie", Gand., 8.
Tedrow J. C., 1968. Pedologenis gradients ot the Polar regions. „J. soil sci.", 19, № 1.
Tedrow J. C. a. Hill D. E., 1955. Arctic brown soil. „Soil sci.", v. 80 № 4.
Tokudome S. a. Kanno J., 1964. Characterization of humns of humic allophane soils in Japan. „The bule of the Kyshu agric. exp. stat.", v. X.
Van der Eyk J. J., *Macvicar C. N.*, *De Villiers J. M.*, 1969. Soils of the Tugela Basin. Natal.
Van del Merve C. R., 1940, sec. ed. 1964. Soil groups and sub-groups of South Africa. Pretoria.
Van Wambeke A., 1967. Recent developments in the classification of the soils of the tropisc. „Soil Sci.", v. 104, № 5.
Veatch J. O., 1953. Soils and land of Michigan. The Michigan st. coll. press.
Whiteside E. P., 1959. A proposed system of genetic soil-horizon designations. „Soil a. fertilizers", v. XXII.
Winters E. a. Simonson R., 1951. The subsoil. „Advances in agronomy", v. III, Acad. press, N. Y.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора 5

Часть первая

Основы классификации почв

Глава 1. Вопросы развития и состояние классификации почв 7
Глава 2. Учение о генетическом типе почв 14
Глава 3. Об основах классификации почв 22
Глава 4. Понятие типа почвенных органо-минеральных реакций 26
Глава 5. О составе гумуса основных типов почв 35
Глава 6. Фазы изменения минеральной части почв 40
Глава 7. Система типов почвенных органо-минеральных реакций 59
Глава 8. Почвенные формации 76
Глава 9. Понятие почвенной общности 80
Глава 10. Энергетический аспект в классификации почв 89
Глава 11. Основные структуры генетической классификации почв 96

Часть вторая

Координатный метод диагностики почв

Глава 12. Основы координатного метода диагностики почв 102
Глава 13. Использование данных группового и фракционного состава гумуса при диагностике почв 134
Глава 14. Диагностика координатным методом по основным структурным подразделениям классификации 153
Глава 15. Использование характерных генетических горизонтов почвенного профиля для диагностических целей 171

Часть третья

Эколого-генетический анализ почвенного покрова

Глава 16. Предпосылки эколого-генетического анализа 191
Глава 17. Некоторые эколого-генетические отношения на пространстве Евразии 198
Глава 18. Эколого-генетический анализ почвенного покрова Кавказа . . . 208
Глава 19. Опыт эколого-генетического анализа почвенного покрова Африки . 235
Глава 20. Некоторые эколого-генетические соотношения в почвенном покрове Америки 252
1. Почвы Северной Америки 252
2. Почвы Южной Америки 265

Часть четвертая

Систематизация почвенных типов

Глава 21. Главные особенности почв выделенных классов почвообразования . 274
Глава 22. Распределение почв по общностям 291
Заключение 295
Литература 297

Редактор издательства *И. Э. Варунцян*
Художественный редактор *В. А. Огниенко*
Технический редактор *Т. И. Исмайлов*
Корректор *М. С. Бунятова*

Сдано в набор 6/III 1972 г. Подписано к печати 11/V 1973 г. Формат бумаги 70×108 1/16. Бум. лист. 9,63. Печ. лист. 26,95. Уч.-изд. лист. 26,9. ФГ 15663. Заказ 113. Тираж 2000. Цена 2 руб. 75 коп.

Типография „Красный Восток" Государственного комитета Совета Министров Азербайджанской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Баку, Ази Асланова, 80.