

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Д. И. Щеглов, Л. И. Брехова

ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Учебное пособие для вузов

Воронеж
Издательский дом ВГУ
2016

УДК 631.48(075.8)
ББК 40.31я73
Щ33

Рецензент

доктор биологических наук, профессор кафедры экологии
и земельных ресурсов ВГУ *Т. А. Девятова*

Д. И. Щеглов

Щ33 Процессы почвообразования: учебное пособие / Д. И. Щеглов, Л. И. Брехова ; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. – 58 с.
ISBN 978-5-9273-2286-2

Работа посвящена подробному анализу почвообразования как природного процесса, протекающего на различных уровнях структурной организации почв. Элементарные почвенные процессы рассматриваются на примерах формирования конкретных профилей почвы.

Учебное пособие рассчитано на студентов и широкий круг научных и практических работников, связанных с изучением почв: почвоведов, географов, экологов, ботаников.

УДК 631.48(075.8)
ББК 40.31я73

ISBN 978-5-9273-2286-2

- © Щеглов Д. И. , Брехова Л. И., 2016
- © Воронежский государственный университет, 2016
- © Оформление, оригинал-макет. Издательский дом ВГУ, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Почвообразовательный процесс – это совокупность сложных превращений и перемещений веществ и энергии в самых верхних слоях литосферы, формирующих самостоятельное природное тело – почву. Почвообразование на земной поверхности протекает под влиянием большого разнообразия природных факторов, что приводит к формированию различных типов и подтипов почв. При этом в различных почвах повторяются одни и те же процессы, существенно различающиеся лишь интенсивностью своего проявления. Например, гумусообразование характерно почти для всех почв, однако результат этого процесса может быть весьма различным – накопление 50 или 500 т гумуса на 1 га. Другим примером может быть процесс оглеения, имеющий место в самых разнообразных почвах, испытывающих избыточное увлажнение в той или иной части профиля. В разных типах почв может проявляться процесс лессивирования или выщелачивания и т. д.

Такие процессы, общие для разных типов почвообразования, получили название элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП). Сам термин не совсем удачен, и его следует понимать не в смысле элементарной простоты, а как составляющий компонент (элемент) более сложных явлений, формирующих самостоятельное природное тело – почву.

Еще В. В. Докучаев и его ближайшие ученики прекрасно осознавали, что неразрывная связь почвы с факторами почвообразования осуществляется посредством почвообразовательных процессов, которые постепенно превращают поверхностные выходы горных пород в почвы. Следовательно, одновременно с зарождением науки почвоведения формировалась и теория почвообразовательного процесса как некоего связующего звена между энергией внешней среды и механизмом образования почвы.

Теория почвообразовательного процесса стала успешно развиваться в конце XIX века, начиная с работ Н. М. Сибирцева [16]. К этому времени были выделены несколько генетико-зональных типов почвообразования. Это подзолистый, дерновый, солонцовый и другие, в основном зональные, почвообразовательные процессы.

Впервые понятие элементарных почвообразовательных процессов было введено в науку в 1916 году С. С. Неуструевым [9]. Он предложил в каждом типе почвообразования выделять более простые элементарные почвенные процессы. Десятью годами позже С. А. Захаров [6] систематизировал все почвенные процессы и дал представление об их иерархии. Он выделил четыре уровня процессов. В дальнейшем схема А. С. Захарова неоднократно уточнялась другими исследователями почв, но суть ее и основные черты сохранились и по настоящее время.

В последней трети XX века А. А. Роде [13] в схему почвенных процессов вводит термин «микропроцессы», под которыми он понимал простейшие, самого низкого уровня, физические, химические и биологические

процессы. По его мнению, вся совокупность микропроцессов, их взаимодействие и их зависимость от факторов почвообразования составляет жизнь почвы.

А. А. Роде вскрыл механизм интегрирования микропроцессов в ЭПП. Дело в том, что часть микропроцессов имеет направленное и необратимое воздействие на почву (например, распад первичных и генерация вторичных глинистых минералов). Другая часть, приходящаяся большей долей на биологические микропроцессы, протекает циклически. Однако по завершении каждого цикла почва, находящаяся в фазе развития, не возвращается в исходную точку. Накапливаясь за счет повторяющейся во времени строгой комбинации одних и тех же циклов, остаточные изменения сливаются в прогрессивный и необратимый ЭПП. Результаты его функционирования приводят к появлению в строении почвы новых признаков и свойств. Таким образом, элементарные почвообразовательные процессы возникают из взаимодействия микропроцессов. Отсюда вывод: микропроцессы участвуют в почвообразовании не напрямую, а как составная часть ЭПП.

Следующий крупный шаг в решении проблем ЭПП сделал Б. Г. Розанов. Будучи прекрасным морфологом, он предпринял удачные попытки увязать каждый морфологический элемент с конкретным элементарным почвообразовательным процессом. На основе такой работы он составил формальный номенклатурный список ЭПП. Предложенная Б. Г. Розановым схема несет в себе элементы систематики, внутренняя суть которой с некоторыми изменениями сохранена и в наши дни. Основной принцип ее построения опирается на особенности каждого фактора почвообразования. Б. Г. Розанов все почвенные процессы разделяет на девять групп, руководствуясь причинами возникновения ЭПП и механизмом их протекания [15]. Такого количества ЭПП оказалось достаточно для объяснения формирования если не всех, то большинства зональных почв.

В целом генетическое понимание строения почвы в зависимости от данного количества конкретных элементарных почвообразовательных процессов, предложенных Б. Г. Розановым, и сегодня выполняет прогрессивную роль в совершенствовании теории почвообразования и намечает вектор дальнейшего развития науки. Б. Г. Розанов показал, что доктрина ЭПП – это те «живые» точки роста, «побеги» которых принесут весомые плоды по приумножению и расширению знаний в области почвоведения.

Глава 1. ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ КАК ПРИРОДНЫЙ ПРОЦЕСС

Прежде чем приступить к рассмотрению процессов почвообразования, вспомним само понятие «почва». В. В. Докучаев [5] определял почву как дневные или близкие к ним горизонты горных пород (все равно каких), которые более или менее естественно изменены взаимным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов – живых и мертвых. Современное

определение звучит так: *почва – это сложная полифункциональная открытая четырехфазная структурная система в поверхностной части коры выветривания горных пород, являющаяся комплексной функцией горной породы, организмов, климата, рельефа и времени и обладающая плодородием.* Если это выразить математически, то почва представляет собой функцию:

$$S = f(cl, o, r, p, t),$$

где S – почва, cl – климат, o – организмы, r – рельеф, p – порода, t – время.

Иными словами, можно утверждать, что почва – это результат процесса взаимодействия природных факторов.

Почвообразовательный процесс – это особый природный процесс, не имеющий аналогов в природе. Специфичность почвообразования определяется набором особых почвенных признаков. Например, почва представляет собой систему генетических горизонтов. В процессе почвообразования порода (материнская порода) дифференцируется на ряд взаимосвязанных горизонтальных слоев. Для почвы специфическим является то, что в системе почвенных горизонтов верхним, венчающим почвенный профиль, является органогенный горизонт. Необходимой составной частью почвообразования является накопление специфического органического вещества, почвенного гумуса. Никакой другой процесс, кроме почвообразования, не может обеспечить такую систему специфических горизонтов. Например, простое выветривание такой системы не дает.

Затем в процессе почвообразования почвенная масса приобретает *особую организацию*, формируется структура, которая по форме и размерам агрегатов также является специфическим почвенным признаком и не встречается в других природных образованиях.

В почве формируются специфические новообразования, которые характерны для почвенного тела, причем в такой форме и с такими размерами в других природных объектах они не встречаются. Следует отметить, что новообразования могут встречаться в породах (например, карбонатные новообразования) и иметь геологическое происхождение, но они будут отличаться составом и свойствами. Поэтому мы можем говорить, что почвенные новообразования являются специфическим признаком, а процесс формирования новообразований – специфическим почвенным процессом.

Почвообразование начинает проявляться вслед за процессами выветривания, или же в случае формирования почвы на массивно-кристаллических породах почвообразование может идти параллельно, синхронно, одновременно с процессами выветривания.

В любом случае выветривание начинается раньше процесса почвообразования, и почвообразование начинает воздействовать на почвообразующую породу, которая в той или иной степени процессами выветривания уже

подготовлена к изменению под влиянием почвенных процессов. Степень этой подготовки может быть различной: на рыхлых породах – она велика, на плотных – незначительна.

Таким образом, процессы выветривания в той или иной степени подготавливают породу для почвообразования, то есть в процессе выветривания геологические отложения трансформируются – и порода становится более восприимчивой, более готовой к воздействию на нее почвенных процессов. Так, в процессе выветривания происходит дробление, разрыхление породы. Она приобретает черты сложения, отличные принципиально от массивно-кристаллических пород. Появляется пористость. Порода приобретает водоемкость, воздухоемкость. Формируются вторичные минералы, происходит известная дифференциация по гранулометрическому, минералогическому и химическому составам. Перечисленные признаки приобретает почвообразующая порода в процессах выветривания, т. е. появляются свойства, которые благоприятствуют развитию уже специфических особенностей почвы в толще породы в результате почвообразования.

Когда выветриваемая почвообразующая порода охватывается процессами почвообразования, почвообразующий субстрат получает качественно новые свойства, главными из которых являются следующие:

- 1) в почве накапливается специфическое органическое вещество (гумус);
- 2) в почве накапливаются биофильные элементы, в том числе азот (в геологических отложениях азот не накапливается, а органического азота в породах вообще нет);
- 3) появляется специфическая организация почвенной массы (горизонтальное строение, формируется почвенная структура).

Благодаря этому почва приобретает такие качества, как водоудерживающая способность, формируется анизотропность почвенной массы, т. е. различное изменение свойств по вертикали и горизонтали. Эти почвенные качества являются результатом специфического процесса почвообразования.

Глава 2. СТАДИИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Сущность процесса почвообразования меняется во времени. Он по-разному проявляется на разных стадиях почвообразования. Иными словами, в общем почвообразовательном процессе можно выделить ряд стадий:

1. Начальное почвообразование (эта стадия почвообразования проявляет себя на самых ранних этапах, когда почвенный процесс только только начинает затрагивать почвообразующую породу). Когда начальная стадия протекает на плотных породах, ее называют первичным почвообразованием (никакого глубокого смысла здесь нет, но так повелось, что о пер-

вичном почвообразовании говорят тогда, когда это происходит на плотных породах).

На стадии начального почвообразования формируется примитивный почвенный профиль, в котором нет полного набора генетических горизонтов, представленного признаками формирования АС или АR. Затем почвообразование развивается, охватывает все новые слои почвообразующей породы и переходит на новую стадию.

2. Стадия развития почвы. На этой стадии почвенный профиль увеличивает свою мощность, формируются новые горизонты, соответствующие экологической обстановке в том или ином ландшафте.

Движущей силой почвообразования являются факторы почвообразования, внешние по отношению к почве, и почвообразование на этой стадии продолжается до тех пор, пока почва не придет в равновесие с внешними факторами. В результате наступает стадия равновесия.

3. Стадия равновесия. На этой стадии почва может находиться длительное время, пока сложившееся равновесие не будет нарушено воздействием каких-то внешних факторов (биологических, климатических, орографических и др.). При этом почва переходит на другую стадию своего развития – стадию эволюции.

4. Стадия эволюции. Эволюция почв происходит в результате изменения факторов почвообразования (например, тектонические поднятия и понижения, изменение уровня грунтовых вод, или смена растительности в результате климатических изменений, или антропогенные изменения). В отдельных случаях эволюция почв может происходить и при стабильных факторах почвообразования, за счет собственных почвенных процессов, таких, например, как элювиально-гумусовый, Al-Fe-гумусовый и др.

Глава 3. БАЛАНС ВЕЩЕСТВА В ПОЧВООБРАЗОВАНИИ

Оценивая почвообразование как природный процесс, нужно сказать, что его существенной характеристикой с точки зрения вещественного состава и организации является баланс вещества. Эта важная характеристика является как бы количественной оценкой почвообразовательного процесса.

В общем виде баланс вещества характеризуется отношением между его поступлением и выносом. Именно это соотношение в наиболее общем виде и характеризует суть почвообразования.

Поскольку баланс вещества – это соотношение между его поступлением и выносом, то целесообразно проанализировать, каким образом поступает вещество в почву и как из нее выносятся (т. е. какие положительные и какие отрицательные статьи баланса веществ существуют в почве).

Приходные статьи баланса вещества в почвообразовании:

1. Почва получает вещество с опадом отмирающих частей организмов (опад растений и остатки животных организмов), с корневыми выделениями растений. Поступает вещество с кроновым и стволовым стоком (осадки, омывая крону и стволы деревьев, растворяют соединения, которые со стоком поступают в почву).

2. Почва получает азот непосредственно из атмосферы, кроме того, азот накапливается в почве в результате азотфиксации микроорганизмами.

3. Почва получает вещества, принесенные эоловыми потоками (пыль, переносимая ветром, оседает в почве).

4. Вещество поступает в почву с поверхностным и внутрипочвенным стоком.

Это основные приходные статьи баланса веществ при почвообразовании, т. е. статьи, при реализации которых в почву поступают те или иные вещества или соединения.

Расходные статьи баланса веществ – это статьи, при реализации которых почва теряет вещество.

Расходные статьи баланса вещества в почвообразовании:

1. Поглощение элементов корнями растений.

2. Минерализация органического вещества. Большая часть поступающего в почву органического вещества минерализуется и улетучивается в атмосферу в виде газообразных оксидов.

3. Потеря почвой азота в результате процесса денитрификации.

4. Потеря вещества с внутрипочвенным вертикальным и латеральным (боковым) стоком.

5. Потери вещества с поверхностным стоком. Происходят потери как растворенных веществ, так и механических частиц.

6. Потери веществ в результате процесса дефляции. Происходит разрушение и вынос частиц ветром.

Таким образом, в почве постоянно происходит аккумуляция веществ и потеря их, в результате формируется определенный баланс веществ в процессе почвообразования.

Говоря об аккумуляции веществ в почве, следует иметь в виду, что аккумуляция может быть абсолютной и относительной.

Абсолютная аккумуляция

При абсолютной аккумуляции происходит абсолютное увеличение запасов или количества вещества. Например, в почву поступает эоловая пыль и происходит абсолютное увеличение ее количества. Или в почву поступает органическое вещество, увеличиваются его запасы. При высоком стоянии грунтовых вод в почве в результате испарения влаги накапливаются

ся легкорастворимые соли (гидрогенная аккумуляция). Во всех этих случаях имеет место абсолютная аккумуляция.

Относительная аккумуляция

При относительной аккумуляции происходит увеличение не запасов вещества, его абсолютного количества, а доли его в почвенной массе по отношению к другим компонентам почвы. Как правило, относительная аккумуляция характерна для элювиального процесса. При элювиальном процессе менее стабильные компоненты выносятся из элювиального горизонта, а более стабильные остаются (пример увеличения доли кремнезема в элювиальных горизонтах).

Очевидно, что в зависимости от соотношения приходных и расходных статей баланса вещества в почвообразовании может формироваться положительный, отрицательный или нулевой баланс веществ.

Следует иметь в виду, что при сельскохозяйственном использовании почв баланс веществ в почвообразовании сильно изменяется по сравнению с естественным процессом. Человек, занимающийся земледелием, имеет своей целью вырастить максимальный урожай. При этом он вольно или невольно отчуждает (т. е. увозит с поля) огромную массу растительного органического вещества и биофильных элементов. В результате баланс вещества на сельскохозяйственных угодьях нарушается и становится дефицитным (отрицательным). В связи с этим земледелие невозможно вести успешно без компенсации потерь органического вещества и биофильных элементов, вынесенных урожаем, путем применения органических и минеральных удобрений.

Глава 4. ОГРАНИЧЕНИЯ В ПРИМЕНИМОСТИ КОНЦЕПЦИИ ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Если определить задачи почвоведения как фундаментальной естественнонаучной дисциплины, то можно сказать, что одной из главных ее задач является разработка теории происхождения почв земного шара и прогноз их изменения в будущем.

Одним из инструментов создания этих концепций происхождения и прогноза является учение о процессах почвообразования. При этом надо подчеркнуть, что применение этой методологии имеет ряд ограничений. Главная причина этих ограничений заключается в том, что непосредственно в почве изучать почвенные процессы, как правило, невозможно в силу их большого характерного времени. То есть почвенные процессы – это процессы, протекающие сотни и тысячи лет. В каждый конкретный момент исследователь наблюдает результат того или иного почвенного процесса. Таким образом, почвенные процессы изучают обычно по их результатам.

В связи с этим в изучении почвенных процессов следует различать два подхода.

С одной стороны, можно просто по результату констатировать наличие в почве какого-то процесса, какого-то нового компонента. Допустим, в почве имеется метаморфический горизонт с повышенным содержанием глины, и мы отмечаем, что в почве идет процесс внутрипочвенного оглинивания (процесс метаморфизации). В этом случае мы просто описываем вещественный состав почвы. Никакого нового знания о процессах при этом не получаем. Более того, при таком подходе мы можем в некоторых случаях прийти к неверным заключениям. Так, например, относительно высокое содержание гумуса в черноземах наталкивает на мысль, что в этих почвах интенсивно идет процесс гумусообразования. Однако для большинства почв черноземной зоны этот вывод неверен в принципе потому, что подавляющая часть черноземов распахана, и в них, напротив, идет процесс дегумификации (процесс потери гумуса).

Тем не менее на современном этапе развития науки для выявления тех или иных процессов иногда используют словосочетание «процесс – результат» (ввел этот термин И. А. Соколов [17]). В данном случае речь идет о том, что если почва обладает каким-то свойством, то оно сформировалось в результате процесса, имеющего данный результат. Еще раз следует подчеркнуть, что в определенных случаях можно прибегать к такому описанию почвенных процессов, но новых знаний о процессах такой подход не дает.

С другой стороны, описание почвенных процессов может базироваться на характеристике самого механизма процесса. При этом исследователь описывает процесс (например, гумусообразования) через совокупность определенных химических реакций, связывает их с условиями протекания процессов гумусообразования и т. д. В этом случае он получает новые знания о почве, и такой подход вполне правомерен. Подобный подход характеризует, образно говоря, систему «процесс – механизм».

Таким образом, описывая почвенный процесс через механизм его проявления, т. е. через совокупность химических реакций, через реакции с внешними условиями, мы получаем новые знания о почве, ее формировании и эволюции. Такой подход следует считать правомерным и весьма перспективным.

Из этих двух точек зрения и вытекает необходимость наложения определенных ограничений на применение концепции почвенных процессов. Первое ограничение связано с тем, что определенное почвенное свойство не всегда может быть следствием предполагаемого процесса (т. е. в случае когда мы диагностируем почвенный процесс по свойствам почвы и на этом основании пытаемся делать выводы о механизмах процесса, возможны ошибки, и это нужно всегда иметь в виду).

И второе ограничение: методологию почвенных процессов следует использовать только для определенного круга задач (генетические вопросы, вопросы формирования тех или иных свойств и признаков почв и др.). Но, скажем, вряд ли целесообразно почвенные процессы применять в целях классификации. Хотя такие попытки в почвоведении были.

Для познания почвенных процессов следует иметь в виду, что рассматривать их можно на разных уровнях сложности. Например, можно говорить о процессе образования почвы того или иного типа: буроземообразование, черноземообразование и т. п. А можно говорить о процессах гумусообразования и гумусонакопления, которые имеют место при гумификации растительных остатков. Очевидно, что эти процессы несравнимо более низкого уровня. В почве также идут процессы радиоактивного распада. Последние еще более низкого уровня, но они наблюдаются в почве и тоже являются почвенными процессами.

Поэтому, прежде чем рассуждать о процессах почвообразования, нужно иметь в виду, на каких уровнях эти процессы следует рассматривать. Должна существовать четкая система почвенных процессов, в которой они находятся на определенных иерархических уровнях и требуют своего подхода в изучении.

Глава 5. УРОВНИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВ

Прежде чем говорить об иерархии почвенных процессов, нужно несколько слов сказать об иерархии уровней структурной организации почв. Почва по своей сути анизотропна (неоднородна) и, как известно, состоит из горизонтов, горизонты – из структурных агрегатов, последние – из первичных элементов. Исходя из этого иерархические уровни структурной организации почв выглядят следующим образом. Самый низкий уровень структурной организации почв – это **атомарный уровень**.

На этом уровне почва рассматривается как совокупность атомов. На данном уровне изучают радиоактивный распад и образование радионуклидов в почве. Можно рассматривать элементный состав каких-то соединений на атомарном уровне и др.

Следующий, более высокий уровень структурной организации почв – это **молекулярно-ионный уровень**.

На этом более сложном уровне организации почвы почвенную массу рассматривают как совокупность различных химических соединений. На данном уровне рассматривают все процессы превращения вещества в почве, молекулярные, кристалло-молекулярные взаимодействия органических и минеральных соединений, разрушение и новообразование, синтез органического вещества, т. е. это царство химических реакций, протекающих в почве.

Третий уровень структурной организации почвы – это **уровень элементарных почвенных частиц**. Элементом этого уровня являются элемен-

тарные почвенные частицы, выделяемые в почве гранулометрическим анализом в виде разных фракций. Эти частицы неоднородны по составу (мономинеральные, полиминеральные) и размерам: от камней и гравия до коллоидных частиц.

Следующий уровень – **агрегатный**.

Этот уровень включает микро- и макроагрегаты, или собственно структуру почвы, ее структурные отдельности (педы). Почвенные агрегаты – это «клетки» почвы, объединяющиеся в горизонты – «ткани». В понятие «почвенные агрегаты» (в случае исследования структурных уровней) целесообразно включать и почвенные новообразования: конкреции, стяжения, пленки, ортштейны и другие, встречающиеся изолированно в пределах почвенных горизонтов.

Следующий пятый уровень структурной организации почв – это **уровень почвенных горизонтов**. Почвенный горизонт – это почвенный пласт, имеющий три измерения в пространстве. В пределах почвенных горизонтов протекают не только вертикальные, но и латеральные (боковые) процессы перемещения веществ и энергии, приводящие к формированию тех или иных особенностей горизонтов.

Шестой уровень организации почвы – это **почвенный профиль**, представляющий собой закономерное сочетание взаимосвязанных и взаимообусловленных генетических горизонтов, или собственно почву как особое природное тело.

Наконец, последний, седьмой, уровень – это **уровень почвенного покрова территорий**. На этом уровне разные почвы взаимодействуют между собой посредством определенных агентов, представляя собой различные сочетания и комплексы почвенного покрова.

Глава 6. ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕМЕНТАРНОМ ПОЧВЕННОМ ПРОЦЕССЕ

Возвращаясь к проблеме почвенных процессов, нужно подчеркнуть, что на каждом уровне организации почвы, видимо, будут функционировать процессы различного уровня. Очевидно, что на наиболее низком уровне (молекулярно-ионном) будут преобладать простые химические реакции, а на высоком – будут рассматриваться и процессы более высокого уровня (процесс образования почвенной структуры, процесс накопления гумуса, процесс элювиально-иллювиальной дифференциации профиля).

Исходя из этого наряду с различной иерархией структурной организации почвы должна существовать и определенная иерархия почвенных процессов. Она разработана в несколько меньшей степени, чем структурные уровни почвенной массы, тем не менее она существует, и мы будем ее рассматривать.

Наиболее часто упоминаемым и наиболее хорошо известным из иерархических уровней организации почвенных процессов является уровень элементарных почвенных процессов.

Под элементарным почвенным процессом мы будем понимать почвенный процесс самого низкого уровня, ниже которого почвенная специфика утрачивается, и процесс этот может быть отнесен к химическим, физическим и другим неспецифическим процессам.

Впервые понятие «элементарный почвообразовательный процесс» было введено в науку в 1916 г. С. С. Неуструевым [9, 10], который писал, что почвообразовательный процесс не только не однороден в различных условиях, но сам представляет сложное явление, состоящее из элементарных процессов.

Наиболее четкая система почвенных процессов была предложена в 1927 г. С. А. Захаровым [6]. Он выделил четыре уровня почвенных процессов:

1. *Элементарные процессы* (процессы самого нижнего уровня, примерно соответствующие химическим реакциям). Сюда относятся:

- физические – растворение, передвижение, поглощение;
- химические – гидратация, дегидратация, оксидация, дезоксидация, карбонатизация, декарбонатизация, десиликация, силикация и др.;
- биологические – аммонификации, нитрификации, денитрификации и др.

2. *Элементарные почвообразовательные процессы* (известные процессы): гумусонакопление, гумусообразование, оглеение и т. д.

3. *Основные процессы*. Процессы образования генетических горизонтов: гумусового, перегнойного, торфяного, элювиального, иллювиального, карбонатного и др.

4. *Общий процесс почвообразования*. Формирование того или иного типа почв: черноземообразование, подзолообразование, латеритообразование, буроземообразование, болотообразование и др.

Такова иерархическая схема, предложенная С. А. Захаровым. Мы приводим ее не для того, чтобы сделать экскурс в историю, а для того, чтобы показать, что принцип этой системы с некоторыми изменениями существует и в настоящее время.

Несколько позже систему почвенных процессов предложил А. А. Роде [14]. Он выделил четыре уровня почвенных процессов:

1. *Почвообразовательные микропроцессы* – это простейшие физические, химические и биологические процессы, совершающиеся в почве.

2. *Частные почвообразовательные процессы* – это элементарные почвенные процессы.

3. *Общий процесс почвообразования* – это процесс, формирующий профиль почвы, иногда этот уровень называют уровнем типового почвенного процесса.

4. *Глобальный почвообразовательный процесс* – это процесс формирования почвенного покрова.

Несколько слов о первом уровне – уровне почвообразовательных микропроцессов. Последние А. А. Роде разделил на три группы:

1. *Процессы обмена веществом и энергией между почвой и окружающими природными телами* (атмосферой, литосферой и почвенными образованиями). Сюда входят процессы газообмена, влагообмена, теплообмена. Несколько особняком в этой группе стоит процесс поступления в почву органического вещества, поскольку обмена здесь не происходит.

2. *Процессы превращения вещества и энергии, происходящие непосредственно в почвенной массе*. Это процессы разложения органических остатков, процессы синтеза гумусовых веществ, процессы гидролиза первичных минералов и синтеза вторичных минералов. Это явление трансформации азотсодержащих соединений: процесс аммонификации, денитрификации, окисления и восстановления.

3. *Процессы передвижения веществ и энергии в почвенных массах*. Это прежде всего перенос под давлением, диффузионный перенос, передвижение компонентов почвенного воздуха по градиентам парциального давления. Это передвижение раствора, перенос почвенных частиц и др.

В группе частных почвообразовательных процессов А. А. Роде [14] выделил тринадцать процессов:

1) образование поверхностных органогенных горизонтов (степной войлок, лесная подстилка, торф), сопровождаемое аккумуляцией в них зольных элементов и азота;

2) гумусово-аккумулятивный процесс, т. е. образование минерально-гумусовых горизонтов, также сопровождаемое аккумуляцией в них зольных элементов;

3) засоление (карбонатное, гипсовое, легкорастворимыми солями);

4) ожелезнение и оруденение;

5) рассоление (от карбонатов, гипса, легкорастворимых солей);

6) лессиваж;

7) осолодение;

8) оподзоливание;

9) оглинивание (образование глины *in situ*, т. е. сиаллитизация, обычно сопровождающаяся десиликацией);

10) ферраллитизация (тоже сопровождается десиликацией);

11) иллювиальные процессы (иллювиально-железистый, иллювиально-гумусово-железистый, иллювиальный глиноземно-гумусовый, иллювиально-глинный, иллювиально-карбонатный);

- 12) оглеение;
- 13) осолонцевание.

Все это хорошо знакомые нам процессы из группы элементарных почвенных процессов.

Глава 7. СХЕМА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПО И. П. ГЕРАСИМОВУ

И. П. Герасимов [4], развивая концепцию элементарных почвенных процессов, предложил следующую схему элементарных почвенных процессов и подпроцессов:

I. Педоморфизм минеральной массы:

1. Ортосиаллитизация (первичное оглинивание):
 α – гидратация первичных и вторичных минералов,
 β – гидратация в условиях криогенеза.
2. Неосиаллитизация (вторичное оглинивание):
 α – в кислой среде,
 β – в нейтральной среде,
 γ – в щелочной среде.
3. Латеритизация (ферритизация, аллитизация, каолинизация и др.).

II. Педоморфизм органической массы:

1. Торфонакопление.
2. Гумусонакопление:
 α – гумификация (грубый гумус),
 β – гумусонакопление в кислой среде,
 γ – гумусонакопление в нейтральной среде,
 δ – гумусонакопление в щелочной среде.

III. Сегрегация и миграция (вынос и накопление минеральных и органических веществ – продуктов почвообразования):

1. Засоление – рассоление:
 α – солончаковый процесс;
 β – солонцовый процесс;
 γ – процесс осолодения.
2. Оглеение:
 α – поверхностное (экзоглей);
 β – срединное (параглей);
 γ – глубинное (эндоглей).
3. Выщелачивание – оподзоливание:
 α – выщелачивание;
 β – иллиммеризация (лессиваж);
 γ – оподзоливание.

IV. Цементация:

1. Галогенная (гипсовая, карбонатная и др.).
2. Оруденение.
3. Гумусовая.

V. Деформация:

1. Криогенная.
2. Гидрогенная (разбухание и ссыхание).
3. Биогенная.

В этой системе латинскими цифрами обозначаются группы процессов, арабскими цифрами – процессы, а греческими буквами – подпроцессы.

Данную систему процессов И. П. Герасимов пытался использовать для классификации почв. Он считал, что каждый генетический тип почвы, установленный в настоящее время, характеризуется определенным и только одному ему свойственным сочетанием элементарных почвенных процессов. Для этого он разработал профильные и процессные коды и посредством этих кодов описывал разные типы почв. Например:

Бурая лесная почва имеет профильный код – A1-Bm-C и процессный код – I 2 α -II 2 β -III 3 β .

Серая лесная почва имеет профильный код – A1-Bim-Csa и процессный код – I 2 β -II 2 $\beta\gamma$ -III 3 $\beta\alpha$.

В заключение следует отметить, что схема И. П. Герасимова явилась значительным шагом вперед в развитии концепции элементарных почвенных процессов. Что касается диагностики и классификации почв на основе ЭПП, то необходимо прежде всего разработать принципы диагностики самих процессов по тем или иным свойствам почв и полную систему ЭПП, поскольку не для всех почв известен их генезис и соответственно те процессы, из которых складывается тот или иной тип почвообразования.

На основании концепции И. П. Герасимова об элементарных почвенных процессах для объяснения пространственной дифференциации почв и образования структуры почвенного покрова было предложено различать комплект и комплекс элементарных почвенных процессов. Под комплектом ЭПП понимается набор всех ЭПП, в той или иной степени влияющих на общий процесс почвообразования на данном участке территории. Разные комплекты (наборы) ЭПП обуславливают формирование разных почв. Но один и тот же комплект ЭПП тоже может привести к формированию разных почв, если в нем различна интенсивность проявления того или иного ЭПП.

Отсюда комплекс ЭПП представляет собой комплект с определенным соотношением интенсивности проявления составляющих его ЭПП, обуславливающей формирование одинаковой почвы в пределах ареала своего воздействия. При этом каждому комплексу ЭПП соответствует свой особый почвенный индивидуум.

8. СИСТЕМА ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПО Б. Г. РОЗАНОВУ

В итоге развития всех перечисленных систем Б. Г. Розановым была разработана современная система номенклатуры ЭПП (70–80-е гг. прошло-

го столетия). Эта система наиболее полная и учитывает последние достижения не только отечественной, но и мировой науки.

В схеме, предложенной Б. Г. Розановым [15], все ЭПП сгруппированы по двум признакам. Во-первых, по балансу вещества и, во-вторых, по качеству и составу тех соединений, которые накапливаются или выносятся из горизонта. Всего в системе выделяется девять групп элементарных почвенных процессов:

- 1) биогенно-аккумулятивные процессы,
- 2) иллювиально-аккумулятивные процессы,
- 3) гидрогенно-аккумулятивные процессы,
- 4) элювиальные процессы,
- 5) процессы метаморфизации почв,
- 6) криогенные процессы,
- 7) антропогенные процессы,
- 8) педотурбационные процессы,
- 9) деструкционные (деструктивные) процессы.

1. Биогенно-аккумулятивные процессы

Эта группа включает в себя те ЭПП, которые сопровождаются накоплением в верхней части профиля тех или иных веществ, и прежде всего органических, под непосредственным влиянием жизнедеятельности организмов на почве или в почве.

Среди этой группы выделяют:

1.1. Гумусообразование in situ – это процесс разложения растительных остатков на месте их отмирания и последующего новообразования гумуса без его перемещения по профилю.

Морфологически этот процесс характеризуется образованием поверхностного темного гумусового горизонта комковатой или зернистой структуры, наиболее темного и оструктуренного в профиле, содержащего значительное количество живых и мертвых корней растений.

1.2. Гумусонакопление – это процесс аккумуляции гумуса в поверхностном горизонте почвы в результате разложения растительных остатков и гумусообразования при сочетании гумусообразования *in situ* и некоторого его перемещения вниз с постепенным пропитыванием им почвенной массы.

Морфологически характеризуется так же, как при гумусообразовании, формированием поверхностного темного гумусового горизонта комковатой или зернистой структуры, наиболее темного и оструктуренного в профиле, постепенно теряющего гумусовую окраску и оструктуренность с глубиной. В нижней части горизонта выделяются гумусовые языки или затеки в нижележащий горизонт.

1.3. Подстилкообразование – процесс формирования на поверхности почвы органического слоя лесной подстилки или степного войлока, нахо-

дящегося по вертикальным слоям на различных стадиях разложения растительных остатков.

Морфологически характеризуется тем, что вся подстилка сплошным слоем легко отделяется от нижележащей минеральной толщи почвы и состоит из различимых невооруженным глазом растительных остатков. В нижнем слое подстилки имеется существенная механическая примесь минеральных скелетных частиц, как правило, лишенных оксидных пленок.

1.4. Торфообразование – процесс консервации отмерших органических остатков при весьма незначительной гумификации.

Характеризуется образованием поверхностных торфяных горизонтов. В зависимости от степени разложения торфа морфология торфяных горизонтов будет различной. В неразложившемся торфяном горизонте растительные остатки полностью или почти полностью сохранили свою форму и хорошо видны невооруженным глазом. В среднеразложившемся торфе растительные остатки лишь частично сохранили свою исходную форму в виде обрывков тканей, различимых невооруженным глазом. В разложившемся торфе форма растительных остатков не различается невооруженным глазом, и весь горизонт выделяется как сплошная мажущаяся органическая масса.

1.5. Дерновый процесс. Это интенсивное гумусообразование и гумусонакопление под воздействием травянистой растительности, в составе которой существенную роль играют дерновинные злаки, сопровождающиеся образованием изогумусового профиля с поверхностным темным комковатым или зернистым гумусовым горизонтом.

Морфологически характеризуется так же, как процессы гумусообразования и гумусонакопления. Кроме того, в верхней части профиля формируется дерновый горизонт (или дернина), характеризующийся обилием корневых систем растений (более половины по объему), пронизывающих минеральную массу.

1.6. Биогенный синтез глинных минералов – это процесс вторичного глинообразования в почвах, протекающий в результате взаимодействия освобождающихся при разложении растительных остатков простых соединений или ионов.

Морфологически горизонт, в котором идет биогенный синтез глинных минералов, выделяется как гумусовый оглиненный горизонт в верхней части профиля.

1.7. Реградация (проградация) – процесс вторичного обогащения гумусом и другими соединениями верхних горизонтов деградированных или оподзоленных почв.

Морфологически такие почвы характеризуются темным гумусовым горизонтом комковато-зернистой структуры, без признаков оподзоленности, лежащем на переходном горизонте АВ, имеющем признаки прошлой оподзоленности (деградации) в виде укрупненной структуры с пленками, корочками и белесой присыпкой на гранях отдельностей.

2. Иллювиально-аккумулятивные процессы.

Данная группа процессов охватывает процессы аккумуляции веществ в средней части профиля почв ниже элювиального горизонта и включает отложение, преобразование, закрепление принесенных сверху веществ.

В эту группу входят следующие процессы:

2.1. Глинисто-иллювиальный процесс – это процесс иллювиального накопления вторичной глины, выносимой из элювиального горизонта в неразрушенном состоянии.

Морфологически выделяется горизонт с наибольшей глинистостью и уплотнением. Он имеет призматическую или ореховатую структуру, хорошо оформленную, с четко выраженными гранями и корочками. На гранях структурных отдельностей четко выделяются блестящие глинистые пленки, примазки.

2.2. Гумусово-иллювиальный процесс – это процесс иллювиального накопления гумуса, выносимого из элювиального горизонта.

Морфологически выделяются по образованию в профиле второго (нижнего) темноокрашенного гумусового горизонта ниже элювиального или в нижней части верхнего гумусового горизонта. Формируется обычно в песчаных почвах и очень редко в суглинистых, поэтому обычно бесструктурный и выделяется как одна или несколько прослоек темно-коричневого или буро-красно-коричневого цвета. Если есть структура, то на гранях структурных отдельностей заметны гляцевые темные гумусовые потеки.

2.3. Железисто-иллювиальный процесс – это процесс иллювиального накопления оксидов железа, выносимого из элювиального горизонта в ионной, коллоидной или связанной с органическим веществом формах.

Наиболее часто он наблюдается в песчаных почвах, когда приводит к образованию иллювиально-железистого горизонта ярко-желтого, красного или буро-желтого цвета в виде сплошного слоя или серии извилистых уплотненных прослоек – ортзандов. Если имеется структура, то по граням структурных отдельностей наблюдаются охристые пленки оксидов железа.

2.4. Глиноземно-гумусово-иллювиальный процесс. Это процесс иллювиального накопления аморфных оксидов алюминия вместе с гумусом, вынесенных сверху из элювиального горизонта.

Морфологически почвы, в которых имеет место данный процесс, характеризуются буроземным профилем без морфологических признаков

оподзоленности, но с некоторым уплотнением и оглиниванием в горизонте В.

2.5. Железисто-гумусово-иллювиальный процесс – процесс иллювиального накопления аморфных оксидов железа вместе с гумусом, вынесенных сверху из элювиального горизонта.

Этот процесс характерен для песчаных подзолов. Морфологически он проявляется в образовании сплошного или состоящего из серии извилистых прослоек иллювиального горизонта темно-бурой, охристо-бурой, красновато-бурой окраски.

2.6. Подзолисто-иллювиальный процесс – это процесс иллювиального накопления глинистых частиц и аморфных полуторных оксидов в профиле подзолистых почв, вынесенных сверху из подзолистого горизонта.

Морфологически проявляется в образовании оглиненного уплотненного горизонта ореховатой или призматической структуры с хорошо выраженными структурными отдельностями, имеющими корочки и натечные пленки по граням.

2.7. Карбонатно-иллювиальный процесс – это процесс иллювиального накопления карбонатов кальция, вынесенных сверху, в средней или нижней части профиля.

Морфологически проявляется в образовании карбонатных горизонтов.

2.8. Солонцово-иллювиальный процесс – это процесс иллювиального накопления глины, аморфных полуторных оксидов и гумуса в солонцовом горизонте солонцов и солонцеватых почв при существенном участии натрия в составе обменных катионов этого горизонта.

Морфологически проявляется в образовании солонцового горизонта. В сухом состоянии такой горизонт имеет столбчатую структуру с очень плотным сложением и лаковыми пленками и корочками на гранях структурных отдельностей.

3. Гидрогенно-аккумулятивные процессы

Эта группа процессов почвообразования связана с современным или прошлым влиянием грунтовых вод на формирование почвенного профиля. Особенно резко эти процессы проявляются при выпотном, или десукционном, водном режиме. Аккумуляция может быть как поверхностной, так и внутрпочвенной, затрагивающей любую часть профиля и любой из сформированных или формирующихся генетических горизонтов.

Среди этой группы выделяют:

3.1. Засоление – это процесс накопления водно-растворимых солей в почвенной толще при поднятии минерализованных грунтовых вод. Если грунтовые воды или их капиллярная кайма доходят лишь до какой-то глу-

бины внутри профиля, то аккумуляция солей имеет место на верхнем пределе капиллярной каймы, формируя соответствующий внутрпочвенный солевой горизонт. Если поток воды при испарительном режиме доходит до поверхности, то соли аккумулируются на поверхности почвы.

Морфологическим признаком процесса засоления служит появление различных солевых образований (прожилки, корочки, гнезда, налеты). Засоление поверхностных горизонтов может быть сезонным: появление выцветов солей в сухой период и их исчезновение во влажный или при поливах.

3.2. Загипсование – процесс вторичной аккумуляции гипса в почвенной толще при отложении его из минерализованных грунтовых вод, насыщенных сульфатом кальция.

Морфологически процесс проявляется в образовании гипсового горизонта, а в особых случаях – гипсовой коры с характерным кристаллическим строением.

3.3. Окарбоначивание. Процесс вторичной аккумуляции карбоната кальция в почвенной толще при отложении его из минерализованных грунтовых вод при условии насыщения их карбонатом и бикарбонатом кальция.

Морфологически процесс проявляется в образовании карбонатного горизонта или карбонатной коры с их характерными морфологическими признаками. Если в профиле образован карбонатный горизонт, то могут быть сомнения о его истинной природе: иллювиальный он или гидрогенный. В случае наличия в профиле коровых образований таких сомнений нет: все коры в почвах имеют гидрогенное происхождение.

3.4. Оруденение. Процесс гидрогенного накопления оксидов железа разной степени гидратации в толще почвы с образованием «железистого» солончака или рудякового горизонта (болотной руды).

Морфологически будет проявляться различно в зависимости от стадии развития процесса. На разных стадиях формируются ожелезненные горизонты, интенсивно прокрашенные охристо-бурыми оксидами железа и содержащие микроконкреции. На более зрелых стадиях формируются конкреционные горизонты, состоящие из отдельных или сцементированных между собой конкреций неправильной формы. Основной минералогической формой в этих условиях будет лимонит.

3.5. Окремнение. Процесс гидрогенного накопления кремнезема и цементации им почвенных слоев, имеющий распространение в областях циркуляции щелочных растворов.

Процесс имеет место в тропическом климате. При выветривании силикатов происходит интенсивное освобождение кремнезема и вынос его в коллоидной форме или истинном растворе грунтовыми водами в аккумулятивные ландшафты. Мобилизация кремнезема может происходить и в аридном или полуаридном климате с интенсивной циркуляцией щелочных рас-

творов и большом участии натрия в почвообразовании. В любом случае в аккумулятивных ландшафтах происходит осаждение аморфного кремнезема, пропитывающего те или иные слои почвы и постепенно кристаллизующегося до вторичного кварца, с образованием опало-халцедоновых цементированных горизонтов (дурипенов).

3.6. Олуговение. Аккумулятивный процесс, связанный с воздействием грунтовых вод (или их капиллярной каймы) на нижнюю часть профиля при хорошем общем дренаже, что приводит к повышению общей увлажненности почвы без ее заболачивания.

Морфологически этот процесс проявляется в увеличении интенсивности гумусовой прокраски профиля (гумусовый горизонт становится более темным), мощности гумусового горизонта, языковатости нижней границы гумусового горизонта, переходе зернистой структуры в комковатую, в наличии немногочисленных ржавых и сизых пятнышек и железистых микроконкреций в нижней части профиля, в размягчении карбонатных конкреций.

3.7. Тирсификация. Процесс, в результате которого почва чернеет вследствие образования черного гидроморфного гумуса с крупными молекулами, комплексирующими железо, с деградацией почвенной структуры.

Процесс развивается в условиях временного гидроморфизма, характерного для слабодренированных депрессий в районах засушливого климата. Процесс представляет собой своеобразное сочетание слабого олуговения и слитизации. Морфологически он проявляется в образовании поверхностного темного (черного, темно-серого, темно-бурого) слитого горизонта, сильно растрескивающегося при высыхании, очень плотного и твердого в сухом состоянии и вязкого, набухающего при увлажнении.

3.8. Латеризация. Процесс как древнего, так и современного ожелезнения, обуславливающий вывод из круговорота значительных количеств алюминия и особенно железа, приводимый к образованию ожелезненных внутрипочвенных прослоев конкреционного или панцирного строения различной структуры (пизолитовой, шлаковой, вермикулярной) и с различным соотношением Si, Al и Fe путем аллохтонного накопления железа из грунтовых или почвенных вод при их боковом перемещении в аккумулятивных ландшафтах.

Внутрипочвенный латерит морфологически выделяется как прочный сцементированный конкреционный или ячеистый панцирный слой различной мощности. Обычно в почвенном профиле в ненарушенном состоянии латерит имеет двучленное строение: верхняя его часть конкреционная, а нижняя – ячеистая.

3.9. Плинтификация (плинтитообразование). Процесс преобразования ферраллитизированного материала путем отложения из поднимающихся грунтовых вод оксидов железа на ферраллитной основе.

Морфологически проявляется в формировании горизонта – плинтита, характеризующегося пестрой окраской и наличием разбросанных железистых охристо-бурых марганцовисто-железистых красновато-черных немногочисленных конкреций. Горизонт хотя и уплотненный, но свободно копается лопатой. При воздействии атмосферного воздуха со временем необратимо отвердевает, превращаясь в ячеистый латерит.

3.10. Отложение наилка. Это гидрогенный пойменный, подводный или делювиальный процесс аккумуляции минерального вещества на поверхности почвы при его осаждении из водного потока.

Главным морфологическим признаком служит микрослоистость наноса, причем слои измеряются, с одной стороны, миллиметрами, а с другой – выделяется и мезослоистость, измеряемая единицами и десятками сантиметров. Первая отражает сезонность отложений, а вторая – многолетнюю цикличность.

4. Элювиальные процессы

Эта группа процессов охватывает широкий круг элементарных процессов почвообразования, связанных с разрушением или преобразованием минеральной и органической массы почвы в элювиальном горизонте и выносом из него продуктов этого разрушения или преобразования нисходящими либо латеральными (боковыми) водными внутрипочвенными потоками, в результате чего элювиальный горизонт становится обедненным теми или иными соединениями и относительно обогащенным оставшимися на месте соединениями.

В этой группе выделяют:

4.1. Выщелачивание. Процесс обеднения того или иного горизонта почвы основаниями в результате их выхода из кристаллической решетки минералов или органических соединений, растворения и последующего выноса.

Морфологическим признаком может служить образование на некоторой глубине в профиле карбонатно-иллювиального горизонта. В этом случае вышележащая толща может быть признана выщелоченной от карбонатов. Если же почвообразующая порода была карбонатной, а сформированная из нее почва лишена карбонатов, то это также признак выщелачивания.

4.2. Декарбонизация. Это частный случай процесса выщелачивания, относящийся к разрушению и выносу карбонатов кальция (или магния) из содержащих его почвообразующих пород.

Морфологические признаки этого процесса такие же, как процесса выщелачивания.

4.3. Кислотный гидролиз глинистых силикатов. Это процесс полного распада глинистых минералов в условиях влажного климата (умеренного) с

накоплением в элювиальном горизонте аморфного кремнезема и выносом оксидов алюминия.

Морфологически проявляется в образовании белесого мучнистого бесструктурного горизонта, обогащенного кремнеземом.

4.4. Оподзоливание. Процесс, в основе которого предполагается кислотный гидролиз минералов, приводящий к разрушению первичных и вторичных минералов, выносу продуктов разрушения в нижележащие горизонты или за пределы почвенного профиля и остаточному накоплению аморфного кремнезема в элювиальной толще.

Морфологически проявляется в образовании осветленного белесого горизонта слоеватой структуры или бесструктурного, языками или затеками заходящего в нижележащий горизонт В, облегченного по гранулометрическому составу.

4.5. Псевдооподзоливание. Процесс образования осветленного горизонта в верхней части профиля почв в результате совместного действия лессивирования и поверхностного оглеения.

4.6. Лессивирование (лессиваж, иллиммеризация). Процесс пептизирования, отмывки илистых частиц с поверхности зерен грубозернистого материала или из микроагрегатов и выноса их в неразрушенном состоянии из элювиального горизонта.

Главным признаком этого процесса является формирование под элювиальным осветленным горизонтом глинисто-аккумулятивного иллювиального горизонта, обогащенного ориентированной глиной по порам и микротрещинам, и наличие глинистых пленок на гранях структурных отдельностей. В элювиальном горизонте отмечается обилие светлых, отмывтых зерен первичных минералов.

4.7. Осолодение. Процесс разрушения минеральной части почвы под воздействием щелочных растворов с накоплением остаточного аморфного кремнезема и выносом из элювиального (осолоделого) горизонта аморфных продуктов разрушения.

Характерным признаком осолодения служит элювиально-иллювиальная дифференциация профиля при кислой реакции его элювиальной части и нейтральной или слабощелочной – иллювиальной. Результатом процесса является осолоделый горизонт сизовато-белесого или серовато-белесого цвета, слоеватой или чешуйчатой структуры, содержащий мучнистый кремнезем.

4.8. Псевдооглеение. Процесс внутрипочвенного, поверхностного или подповерхностного оглеения под воздействием периодического переувлажнения верховодкой. Поскольку переувлажнение почвы здесь не постоянное, сопровождаемое периодическим промыванием этого слоя, то образуется своеобразный элювиальный горизонт, в котором оглеение сочетается с разрушением соединений и выносом части продуктов разрушения.

Наиболее четким признаком псевдооглеения является сочетание в осветленном элювиальном горизонте мраморизации и сегрегации. Мраморовидная окраска связана с чередованием окислительных и восстановительных условий. При восстановлении происходит мобилизация железа и марганца, а при окислении – их выпадение из раствора с образованием лимонита. В результате окраска становится пятнистой. В таком горизонте всегда присутствуют железомарганцевые конкреции.

4.9. Сегрегация. Процесс образования внутрипочвенного осветленного горизонта путем стягивания соединений железа и марганца из общей почвенной массы в центры концентрации без существенного выноса за пределы горизонта.

Процесс, как и псевдооглеение, связан с периодическим чередованием окислительной и восстановительной обстановки, сегрегацией железа и марганца в пределах горизонта. Последнее обусловлено распределением напряженности поля окислительно-восстановительного потенциала, формирующего поток ионов железа от точек с низким потенциалом к точкам с высоким потенциалом.

В результате формируется резко выраженный белесый горизонт с дискретно разбросанными железистыми конкрециями.

4.10. Ферролиз (элювиально-глеевый процесс). Процесс разрушения глинистых силикатов при оглеении с последующим выносом или сегрегацией продуктов разрушения и остаточным накоплением кремнезема.

По своим результатам этот процесс сходен с результатами других элювиальных процессов, однако при этом нет той типичной мраморизации элювиального горизонта, которая характерна для псевдооглеения, в меньшей степени проявляется и сегрегация железа. Элювиальный горизонт становится однородным, окрашенным в сизоватые тона с отдельными редко разбросанными ржавыми пятнами, структура его массивная, или глыбистая.

4.11. Элювиально-гумусовый процесс. Это процесс образования и накопления гумуса, в составе которого существенную роль играют подвижные соединения, слабо закрепляемые катионами металлов.

Морфологически этот процесс характеризуется образованием иллювиально-гумусового горизонта в профиле, т. е. существенным потемнением нижней части гумусового горизонта, потечной нижней границей гумусового горизонта с глубокими гумусовыми затеками в нижнюю часть профиля, отсутствием четкой структуры в гумусовом горизонте.

4.12. Al-Fe-гумусовый процесс. Процесс мобилизации железа и алюминия минеральных пленок кислыми гумусовыми веществами и их последующего выноса с образованием элювиально-иллювиального профиля без глубокого разрушения минеральной части в элювиальном горизонте в отличие от подзолообразования.

В результате формируется осветленный либо прокрашенный в сероватые тона гумусом элювиальный горизонт, лишенный оксидов железа и алюминия, и нижележащий иллювиальный Al-Fe-гумусовый горизонт, в котором аккумулируются аморфные продукты почвообразования, вынесенные сверху. Для морфологии этого процесса характерна бесструктурность или непрочная, только намечающаяся слоеватая структура элювиального горизонта, уплотненность и некоторая цементированность иллювиального.

4.13. Коркообразование. Процесс образования поверхностной сильнопористой обогащенной кремнеземом обессоленной корочки в аридных и полуаридных почвах.

Сущность этого процесса остается пока не разгаданной. Некоторые связывают коркообразование с осолодением, другие – с жизнедеятельностью водорослей.

4.14. Рассоление. Процесс выноса легкорастворимых солей из первоначально засоленных почв, противоположный процессу засоления.

Морфологически этот процесс может быть выявлен анализом распределения солей в профиле. В рассоляющемся профиле сверху вниз последовательно располагаются карбонаты, затем гипс и еще ниже сульфаты и хлориды натрия.

4.15. Деградация. Сложный процесс изменения поверхностного горизонта изогумусовых почв под влиянием залесения, увеличения увлажнения или других причин, приводящий к ухудшению их свойств и обеднению.

Морфологически этот процесс проявляется в посветлении окраски гумусового горизонта, укрупнении структуры, с одной стороны, и распылении ее – с другой, появлении кремнеземистой присыпки.

5. Процессы метаморфизации почв

Это большая группа процессов преобразования состава и строения почвообразующей породы в результате почвообразования, происходящего *in situ* без выноса или привноса веществ. В значительном числе случаев эти процессы имеют место не в чистом виде, а в сочетании с аккумулятивными или элювиальными процессами.

В эту группу входят:

5.1. Сиаллитизация. Процесс внутрипочвенного выветривания алюмосиликатов с образованием и аккумуляцией *in situ* вторичной глины сиаллитного состава. Часто этот процесс называют также оглиниванием (образование глинистой массы под влиянием почвообразования).

Морфологически проявляется в формировании оглиненного (метаморфического) горизонта с некоторой уплотненностью, при отсутствии видимой элювиально-иллювиальной дифференциации профиля и следов иллювиирования в оглиненном горизонте.

5.2. *Монтмориллонитизация*. Процесс внутрипочвенного выветривания первичных алюмосиликатов с образованием и накоплением *in situ* вторичной глины монтмориллонитового состава.

Морфологически проявляется в образовании в почве тяжелого глинистого горизонта, сильно набухающего, вязкого и пластичного во влажном состоянии и сильно растрескивающегося при высыхании. Обычно монтмориллонитовые горизонты почв имеют темную (темно-серую, темно-бурую, черную) окраску вследствие образования темноокрашенных гумусово-глинистых комплексов даже при очень малом содержании гумуса.

5.3. *Гумуссиаллитизация*. Процесс преобразования минеральной массы под воздействием нейтральных и слабокислых гумусовых веществ, способствующих частичному выносу оснований (при хорошем дренаже) и формированию дернинно-гумусированного глинисто-щебнистого профиля почв; процесс происходит под горно-луговой и горно-лугово-степной растительностью.

Для морфологии этого процесса характерно оглинивание почвы без видимых следов перемещения глинистого материала, темная окраска почвы вследствие интенсивного гумусообразования и гумусонакопления, щебнистость, возрастающая с глубиной и полиразмерная комковатая структура.

5.4. *Ферраллитизация*. Процесс внутрипочвенного выветривания первичных алюмосиликатов с образованием и аккумуляцией *in situ* вторичной глины ферраллитного состава. В составе ферраллитизированного материала преобладают кварц, каолинит и минералы группы гидроксидов алюминия (гидраргиллит, диаспор) и железа (лимонит, гематит). Для морфологии этого процесса характерны высокая степень оглиненности, желтая или красная окраска, неясная структура, наличие мелких железистых конкреций.

5.5. *Феррсиаллитизация*. Процесс накопления подвижных форм железа в виде $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и Fe_2O_3 на фоне оглинения, обусловленного декарбонизацией. Процесс наиболее интенсивно проявляется при декарбонизации пород, и особенно известняков с хорошим дренажем.

Феррсиаллитизации предшествует процесс растворения известняков, с которым связано разрушение карбонатного цемента, относительное накопление диспергированных силикатов, представляющих собой глинистую массу, высвобождение из силикатов и накопление в почвенной толще подвижных форм железа.

Внешне феррсиаллитный материал очень близок к ферраллитному, с меньшим содержанием кварца и большим количеством невыветрелых алюмосиликатов.

5.6. *Рубефикация* (ферритизация, ожелезнение). Процесс необратимой коагуляции и последующей кристаллизации оксидов железа в почвенном профиле в результате периодического просыхания почвы в сухой и жаркий периоды года после приноса их и отложения в течение влажного периода.

Морфологически процесс характеризуется яркой оранжевой или кирпичной окраской профиля либо того горизонта, где он локализован, и некоторой цементацией почвенной массы.

5.7. Оглеение. Процесс метаморфического преобразования минеральной почвенной массы в результате постоянного или периодического переувлажнения, приводящего к сильному развитию восстановительных процессов. Процесс сопровождается восстановлением ионов и соединений с переменной валентностью, разрушением кристаллической решетки первичных минералов и синтезом специфических вторичных минералов, имеющих в своей решетке ионы с низкой валентностью.

Морфологически проявляется в образовании сизоватых, голубоватых, зеленоватых или оливковых пятен или сплошных горизонтов, бесструктурных и вязких по слоению.

5.8. Оливизация. Процесс, в результате которого почвенная масса приобретает оливковую или зеленоватую окраску, устойчивую в окислительной среде, что связано с образованием в условиях периодического чередования переувлажнения и просыхания глинистых минералов, содержащих трехвалентное железо (нонtronит, глауконит, хлорит).

Процесс сопровождается слитизацией и обесструктурированием массы почвы.

5.9. Слитизация. Процесс обратимой цементации монтмориллонитово-глинистых горизонтов почв в условиях периодического чередования интенсивного увлажнения и просыхания. Природа этого процесса остается до сих пор не выясненной, хотя условия слитизации и свойства слитых горизонтов изучены достаточно подробно.

Морфологически проявляется в образовании слитых горизонтов или профиля в целом.

5.10. Оструктуривание. Процесс разделения почвенной массы на агрегаты разного размера и формы, последующего упрочнения их и формирования внутреннего строения структурных отдельностей.

5.11. Отвердевание (панциреобразование, кирасообразование). Процесс необратимого изменения ожелезненных или окремненных поверхностных горизонтов в результате дегидратации и кристаллизации оксидов железа или кремнезема.

Морфологически процесс проявляется в формировании поверхностного панциря той или иной мощности, который невозможно копать лопатой.

5.12. Фраджипэнообразование. Процесс формирования внутрипочвенного горизонта, характеризующегося оглинением, сильным уплотнением и высокой твердостью, большой хрупкостью и малой пластичностью.

5.13. *Мраморизация*. Процесс специфического преобразования морфологического облика почвенных горизонтов в результате действия различных почвенных процессов.

Мраморовидная окраска и соответствующее строение горизонта могут быть результатом оглеения и сегрегации, псевдоOGLEЕНИЯ, оподзоливания, осолодения и др.

6. *Криогенные процессы*

Эта группа процессов в почвах связана с воздействием длительного промораживания почвенной массы в условиях холодного полярного или высокогорного климата при наличии или отсутствии постоянно мерзлого слоя в почвенном профиле.

Среди этой группы можно выделить:

6.1. *Криогенное засоление*. Процесс засоления почвы при отсутствии выноса освобождающихся в процессе выветривания солей за ее пределы вследствие отсутствия нисходящих или боковых водных потоков при господстве низких температур.

Морфология процесса – соли выкристаллизовываются в виде белых налетов на поверхности камней или равномерно пропитывают белыми кристалликами мелкозем почвы.

6.2. *Криогенное окарбонирование*. Процесс аккумуляции карбонатов в почве вследствие их образования, при освобождении оснований из выветривающейся породы в условиях отсутствия нисходящих и боковых водных потоков при господстве низких температур.

Морфологически карбонаты выделяются в форме налетов и корочек на поверхностях обломков камней или мучнистой массой заполняют поры и трещины.

6.3. *Криогенное ожелезнение*. Процесс аккумуляции и выделения в почве оксидов железа, освобождающихся при выветривании породы в условиях отсутствия их выноса за пределы почвы вследствие того, что нет нисходящих или боковых водных потоков при господстве низких температур.

Морфологически проявляется в образовании оксидных пленок и корочек на поверхности камней. В сформированных почвах образуются охристые ожелезненные горизонты с мелкими мягкими конкрециями.

6.4. *Al-Fe-гумусово-криогенный процесс*. Процесс мобилизации алюминия и железа, освобождающихся при выветривании первичных минералов подвижными гумусовыми кислотами, вследствие чего образуется надмерзлотный аккумулятивный горизонт, прокрашенный гумусом и железом.

Морфологически проявляется в формировании горизонта темно-охристо-бурой или темно-бурой окраски, непрочной комковатой структуры с наличием мелких железистых конкреций.

6.5. Ретинизация гумуса. Процесс аккумуляции коагулированного промораживанием гумуса в надмерзлотных слоях, в результате которого формируется специфический надмерзлотный гумусово-аккумулятивный горизонт бурого или буровато-красного цвета с невыраженной или творожистой структурой, со слабой цементацией минеральной массы.

7. Антропогенные процессы

Эта большая группа процессов включает в себя элементарные процессы почвообразования, которые возникают и идут в различных почвах под влиянием человеческой деятельности и приводят к тем или иным изменениям как в общем направлении почвообразования, так и в морфологии почвенного профиля.

Среди этой группы выделяют:

7.1. Образование пахотного горизонта. Это процесс обособления в верхней части почвенного профиля особого горизонта в результате периодической ее обработки при земледелии.

7.2. Образование подплужного горизонта. Это процесс пахотно-иллювиального накопления глины, гумуса и полуторных оксидов непосредственно под пахотным горизонтом длительно обрабатываемых на одну и ту же глубину почв, с последующим его уплотнением.

7.3. Кольматаж (заиливание). Процесс отложения на поверхности почвы суспендированного в ирригационной воде материала и наращивание вверх почвенной толщи.

7.4. Вторичное засоление. Процесс засоления почвы в результате подъема минерализованных грунтовых вод при орошении или накоплении солей из оросительных вод.

7.5. Осолонцевание. Процесс появления свойств солонца или солонцеватости при длительном орошении почв слабоминерализованными водами, содержащими свободную соду.

Морфологически проявляется в разрушении исходной комковатой или зернистой структуры, появлении глыбистости, слитости и твердости.

7.6. Деградационное оглеение. Это специфический процесс, развивающийся в поверхностном горизонте почв рисовых полей при культуре риса с затоплением, когда почва постоянно насыщена водой в вегетационный сезон и просыхает в межвегетационные периоды. В этих условиях возникает целая серия микропроцессов, в целом составляющих процесс деградационного оглеения.

8. Педотурбационные процессы

Это группа процессов, при которых происходит механическое перемешивание почвенной массы под воздействием тех или иных природных и вызванных человеком сил. Одни из них приводят к незначительному внутрипочвенному перемещению массы, другие – к полному перемешиванию и оборачиванию горизонтов, во всех случаях оставляя определенные морфологические признаки, получившие название педотурбационных.

Среди этой группы выделяют:

8.1. *Самомульчирование*. Процесс образования рыхлого мелкоглыбистого поверхностного горизонта при растрескивании в процессе обсыхания слитых горизонтов почв.

Морфологически слой поверхностной рыхлой мульчи ясно отделяется от нижележащей слитой массы почвы, существует лишь в сухом состоянии, полностью сливаясь с ней при увлажнении и не отличаясь от нее по составу.

8.2. *Растрескивание*. Процесс интенсивного сжатия почвенной массы на значительную глубину при ее обсыхании с образованием вертикальных и горизонтальных трещин.

Особенно большое значение для перемешивания почвенной массы имеет образование глубоких вертикальных трещин (щелей), глубина которых в некоторых случаях может превышать 1 м, а ширина у поверхности – 10 см.

8.3. *Криотурбация*. Процесс морозного механического перемещения одних почвенных масс в отношении других в пределах какого-либо горизонта или всего профиля с образованием специфического криотурбационного строения. При этом протекает целый комплекс различных механических движений почвенной массы: морозобойное растрескивание, пучение и излияние почвенной массы на поверхность, тиксотропное течение, расслоение и т. д.

8.4. *Вспучивание*. Процесс образования крупноглыбистого поверхностного слоя солончаковых кор в пустынях при обсыхании сульфатных солончаков.

8.5. *Биотурбация*. Процесс перемешивания почвенной массы роющей деятельностью почвенной фауны. С одной стороны, происходит затаскивание или просыпание поверхностного материала по ходам землероев вниз, а с другой – вынос ими на поверхность глубинного материала.

8.6. *Лесные вывалы*. Процесс перемешивания почвенной массы различных горизонтов почв при ветровальных вывалах в лесах, особенно характерных для таежной зоны с избыточно увлажненными почвами.

8.7. *Обработка почвы*. Процесс перемешивания почвы простыми или механическими сельскохозяйственными орудиями в практике земледелия.

9. Деструкционные (деструктивные) процессы

К этой группе относятся процессы поверхностного механического разрушения почв динамическими силами атмосферных агентов: воды и ветра. Соответственно выделяются два процесса: эрозия и дефляция.

9.1. Эрозия. Процесс механического разрушения поверхности почвы под действием поверхностного стока атмосферных осадков. Различается плоскостная эрозия, или эрозия смыва, и линейная эрозия, или эрозия размыва.

Морфологическими признаками наличия процесса эрозии почв являются:

- 1) присутствие на поверхности промоин, размывов, ложбин стока, постепенно объединяющихся в общую дендровидную сеть различного порядка, и, конечно, оврагов;
- 2) уменьшение мощности поверхностного гумусового горизонта по сравнению с несмытой для данной территории нормальной почвой;
- 3) приближение к поверхности горизонтов, нормально являющихся внутрипочвенными, например, элювиального, иллювиального, почвообразующей породы;
- 4) бурая окраска поверхностного пахотного горизонта при серой или черной в несмытых почвах.

9.2. Дефляция. Процесс механического разрушения поверхности почвы под действием ветра, который проявляется на песчаных почвах, но иногда может быть довольно интенсивным и на суглинках и глинах, особенно при их пылеватом составе (пыльные бури).

Признаками наличия этого процесса в песках являются специфический дюнный (барханный), бугристый рельеф, поверхностная золовая рябь, отсутствие почвы, лишенная растительности поверхность.

На суглинках признаком дефляции служит наличие на поверхности золотого пылевого наноса.

Приведенная система и перечень элементарных почвенных процессов, вероятно, не исчерпывает всего их разнообразия в почвенном покрове нашей планеты. Это лишь наиболее широко распространенные и хорошо изученные.

Глава 9. ПОЧВЕННЫЙ ПРОФИЛЬ

Как уже отмечалось, одной из главных особенностей почвы является то, что она представляет собой совокупность или систему генетически связанных и взаимообусловленных горизонтов, которые все вместе составляют почвенный профиль. Иными словами, почвенный профиль это совокупность генетических горизонтов, залегающих примерно параллельно днев-

ной поверхности и дифференцирующих почвенную толщу в вертикальном направлении.

Разумеется, существует неоднородность (анизотропность) почв и по горизонтали. Однако изменчивость почв в вертикальном направлении на порядок или на несколько порядков выше, чем изменчивость почв в горизонтальном направлении.

Эта преимущественная анизотропность почв по вертикали, или дифференциация почвенного профиля на почвенные горизонты, не случайна и имеет в качестве причины целый ряд факторов. Главными из этих факторов являются следующие:

1. Вертикальная ярусность распределения корневых систем растений.

Хорошо известно, что масса корней уменьшается с глубиной и корневая система образует, таким образом, определенные ярусы, уменьшающиеся по массе с глубиной. Примером ярусного расположения корней растений может служить грецкий орех. Это дерево, которое растет в условиях определенного дефицита влаги. Корневая система его имеет три яруса, залегающие на глубине 0,5–0,7 м, 1,0–1,5 м и 2,5–3,0 м. Эта локализация корневых систем грецкого ореха очень хорошо коррелирует с сезонной влажностью почвы и определена динамикой запасов влаги в различные периоды вегетации.

По-своему эта ярусность проявляется в травяных сообществах. Подавляющая часть корневых систем, от 70 до 90 % массы подземных органов сосредоточены в верхнем (15–20 см) слое. На всю остальную толщу почвенного профиля приходится, как правило, не более 20 %, редко 30 %. Это тоже пример вертикальной ярусности корневых систем. Таким образом, вертикальная неравномерность распределения корневых систем растений не может не играть существенной роли в дифференциации почвенной толщи на горизонты.

2. Почвенная биота (живое население почвы) также имеет вертикальное распределение. И биомасса, и видовой состав микроорганизмов различны в разных горизонтах почвенного профиля и на разной глубине.

То же можно сказать и о почвенных животных (позвоночных и беспозвоночных). Здесь также имеет место их вертикальное распределение как по биомассе, так и по видовому составу.

3. Огромную роль в стратификации почвенного профиля играет вертикальное прогревание и охлаждение почвы.

Температурный градиент по вертикальной оси на порядок или несколько порядков выше, чем по горизонтали. Величина данного показателя может быть очень большой. Например, в криогенных почвах, которые формируются на вечной мерзлоте, на глубине 50–80 см, почва может иметь отрицательную температуру, а на поверхности горизонта в летний период температура достигает 20–30 °С. Это приводит к конвекции и диффузии

почвенных газов, к соответствующей миграции растворенных веществ по температурному градиенту, их осаждению и т. д.

4. Чрезвычайно важным в дифференциации почвенной толщи на горизонты является вертикальная миграция почвенной влаги. Миграция влаги обуславливает, во-первых, вертикальное распределение веществ в почве и, во-вторых, что не менее важно, обеспечивает значительные изменения по вертикали влажности почвы. Различная влажность почвы определяет не только обеспеченность почвы влагой, но и процессы набухания и усадки. Это приводит к соответствующим деформациям почвы, и именно эта особенность набухания и усадки приводит к образованию плитовидной структуры в элювиальных горизонтах.

5. Наконец, в вертикальной стратификации почвы могут играть большую роль исходно неоднородные почвообразующие породы. Такое может быть на водно-аккумулятивных отложениях, на двучленных породах, когда один геологический нанос перекрывается другим, отличающимся по генезису и составу.

Таким образом, благодаря этому сочетанию факторов почвенный профиль дифференцируется на генетические горизонты.

Если в упрощенном виде попытаться описать процесс почвообразования, то можно сказать, что исходная почвообразующая порода под воздействием факторов почвообразования превращается в почву за счет деления ее на генетические горизонты. При этом обычно считают, и это правильно, что почва растет вниз. Почвообразование постепенно захватывает все более и более глубокие слои почвообразующих пород. На свежей, молодой почвообразующей породе мощность почвы минимальна, несколько сантиметров и даже миллиметров. Со временем, развиваясь вглубь, почвообразование охватывает все новые и новые слои почвообразующей породы. Однако надо всегда иметь в виду, что процесс сопровождается и определенным ростом почвы вверх. Поясним это явление.

Необходимым следствием почвообразования является оструктуривание почвенной массы, что сопровождается ее разрыхлением. При разрыхлении почвенной массы объем ее увеличивается и почва немного растет вверх. Таким образом, рост почвы вниз за счет вовлечения в почвообразование нижележащих слоев породы сопровождается как бы ростом вверх за счет ее оструктуривания, насыщения почвы корневыми системами, которые тоже разрыхляют почву.

Существует еще один фактор роста почвы вверх. Это наложение на процессы почвообразования процесса осадконакопления, т. е. случай, когда почвообразование сопровождается каким-то геологическим процессом. Например, отложение ила в поймах рек, отложение вулканического пепла в районе действующих вулканов и т. д. В этих случаях почвообразование и осадконакопление идут параллельно и почва растет вверх.

В заключение стоит подчеркнуть, что в наиболее типичных условиях почва растет вниз за счет захвата все новых слоев почвообразующей породы, а в специфических условиях происходит рост почвы вверх за счет осадконакопления.

При рассмотрении наиболее общих положений, освещающих формирование почвенного профиля, нужно иметь в виду, что почвенный профиль не просто механический набор различных слоев, горизонтов, а определенная система, в которой все горизонты взаимосвязаны и взаимообусловлены, как, например, элювиальные и иллювиальные, выщелоченные и карбонатные. При этом различных почвенных горизонтов очень много и еще больше может быть их сочетаний в профиле почв.

Для того чтобы как-то упорядочить все многообразие почвенных профилей, предложено группировать их в некоторые типы строения в соответствии с их морфологией.

По характеру соотношения генетических горизонтов все почвенные профили можно разделить на две большие группы: простые и сложные, в пределах которых можно выделить несколько типов их строения.

В первой группе – *простой профиль* – выделяют следующие типы строения:

1. *Примитивный профиль*. Имеют почвы на первых стадиях своего образования. Профиль слабо дифференцирован на горизонты; выделяется лишь поверхностный горизонт А либо АС, лежащий непосредственно на материнской породе.

2. *Неполноразвитый профиль*. Это профиль, который имеет полный набор горизонтов, но мощность каждого горизонта и профиля в целом меньше, чем имеет полноразвитая почва. Обычно такой профиль имеет почва, также находящаяся на ранних стадиях развития, но являющаяся более зрелой по сравнению с почвой, имеющей примитивный профиль.

3. *Нормальный профиль*. Этот тип профиля имеет полный набор горизонтов и нормальную мощность, соответствующую тем или иным ландшафтным условиям. Примером может служить подавляющее большинство почв Русской равнины.

4. *Слабо дифференцированный профиль*. Это профиль, в котором и морфологически и аналитически дифференциацию профиля трудно диагностировать. Профиль слабо подразделен на горизонты, при этом трудно выделить границу между горизонтами и морфологически, и с точки зрения вещественного состава. Это почвы на песках, флювиогляциальных отложениях. Профиль растянутый, монотонный, не расчленяющийся на горизонты.

5. *Нарушенный (эродированный) профиль*. Это профиль, в котором система горизонтов нарушена за счет удаления верхней части профиля эрозийными процессами: водным и ветровым. Примером такого профиля

служит почва с горизонтами В–С, у которой гумусовый горизонт, а может и подзолистый, если это подзолистая почва, удален эрозионными процессами.

Вот те типы профилей, которые входят в группу простых, т. е. вертикальная стратификация их не изменена какими-то внешними процессами и может быть нарушена лишь удалением горизонта эрозионными процессами.

Вторая группа строения почв – это **сложный профиль**. В эту группу входят следующие типы строения профилей:

1. *Реликтовый профиль*. Это профиль, в котором имеются как бы два самостоятельных профиля, наложенных один на другой, из которых нижний является погребенным реликтовым, а верхний – современным. Современный профиль, как правило, представлен горизонтами А–В, а древняя почва представлена горизонтами [А–В–С]. Погребенные горизонты всегда обозначаются в квадратных скобках. Погребение почвы могло произойти в результате оползневых явлений, в результате эрозионно-аккумулятивных процессов или погребения древними эоловыми наносами.

2. *Многочленный профиль*. Такой профиль имеют почвы, которые формируются на многочленной почвообразующей породе, т. е. когда порода неоднородна по своей литологии или составу. При этом на контакте (переходе) пород формируется специфический горизонт, свойства которого определяются характером перехода пород. Примером неоднородности пород может служить морена, перекрытая слоем покровного суглинка, и др.

3. *Полициклический профиль*. Этот профиль представляет собой как бы сочетание маленьких субпрофилей, наложенных один на другой. Такой профиль формируется, когда почва периодически погребается под слоем каких-то геологических отложений. Примером служат вулканические почвы, формирующиеся в зоне действующих вулканов, а также почвы в поймах рек (дельтах), там, где почвообразование периодически осложняется осадконакоплением.

Очевидно, что в природе существуют и другие типы строения профилей почв, обусловленные своеобразием и спецификой различных типов почвообразования, но это не меняет общего принципиального положения о выделении генетических типов профилей.

Глава 10. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВ И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПРОФИЛЯ

Рассматривая типы строения почвенного профиля, мы основывались на анализе генетических горизонтов, а точнее, на их соотношении в почвенном профиле. Однако различия в почвенных профилях не исчерпываются только соотношением их генетических горизонтов. Вертикальную анизотропность почвы можно классифицировать по характеру распределения

почвенного вещества. Например, хорошо известно, что содержание гумуса уменьшается вниз по профилю, но на фоне этой глобальной закономерности могут быть различные осложнения. Скажем, распределение гумуса может иметь какой-то локальный максимум в иллювиальном горизонте или локальный минимум в элювиальном горизонте, то же можно отнести к распределению глины, оксидов и др. Оценить эти особенности профиля просто на основании сочетания почвенных горизонтов невозможно, или такая характеристика будет недостаточно точной.

Для того чтобы охарактеризовать эти особенности, выделяют несколько типов распределения вещества в почвенном профиле.

1. Аккумулятивный тип. Этот тип распределения характеризует профили, в которых максимальное накопление вещества происходит с поверхности и постепенно количество его снижается с глубиной. Такая аккумуляция может быть как за счет поверхностного поступления вещества (гумуса), так и за счет приноса солей грунтовыми водами.

В пределах этого типа можно выделить три подтипа распределения вещества:

- 1а – *равномерно-аккумулятивный*;
- 1б – *прогрессивно-аккумулятивный*;
- 1в – *регрессивно-аккумулятивный*.

2. Элювиальный тип. Этот тип распределения формируется при элювиальных процессах и обычно связан с выносом вещества нисходящими токами воды в те или иные горизонты.

По характеру выноса вещества этот тип также можно разделить на три подтипа:

- 2а – *равномерно-элювиальный*;
- 2б – *прогрессивно-элювиальный*;
- 2в – *регрессивно-элювиальный*.

Такой тип распределения может отображать содержание карбонатов, легкорастворимых солей и других компонентов.

3. Грунтово-аккумулятивный тип. Этот тип распределения обусловлен поступлением вещества в почвенный профиль из грунтовых вод (т. е. в зависимости от характера и интенсивности поступления вещества из грунтовых вод формируется тот или иной тип распределения). В зависимости от стадии процесса и его интенсивности выделяют три подтипа распределения:

- 3а – *равномерно-грунтово-аккумулятивный*;
- 3б – *прогрессивно-грунтово-аккумулятивный*;
- 3в – *регрессивно-грунтово-аккумулятивный*.

Наиболее часто такой тип распределения характерен для легкорастворимых солей, для содержания железа при формировании ортзандов гидроморфных почв и т. п.

4. Элювиально-иллювиальный тип. Этот тип распределения формируется при наличии выноса вещества из верхних горизонтов и его аккумуляции в пределах почвенной толщи. Характерным примером может служить профиль подзолистых почв.

В некоторых случаях может иметь место усложнение такого профиля поверхностной аккумуляцией веществ – и тогда формируется аккумулятивно-элювиально-иллювиальный профиль. Такое распределение характерно для гумуса в дерново-подзолистых почвах.

5. Недифференцированный тип. Этот тип характеризует равномерное распределение веществ во всем почвенном профиле. Например, распределение R_2O_3 в профиле типичного чернозема и др.

Рассмотренные типы распределения веществ показывают, что этот метод (подход) является важнейшим дополнением анализа горизонтного строения профиля. На кривых распределения можно определить расположение генетических горизонтов, т. е., сопоставляя кривые распределения веществ по конкретному разрезу с морфологическим описанием, мы можем подтвердить или уточнить проведение границы (выделение горизонта), сделанное при описании разреза в поле.

Важной характеристикой почвенного профиля является характер сопряжения между различными горизонтами или, иначе, степень его дифференциации. Она оценивается по-разному. Можно оценить ее морфологически по характеру перехода одного горизонта в другой, можно по строению почвенного профиля и наличию в нем, скажем, горизонтов Е и В, что свидетельствует о дифференциации профиля по элювиально-иллювиальному типу. Наконец, можно оценить степень дифференциации исходя из распределения вещества по почвенному профилю с помощью графиков. Кроме того, существует ряд расчетных методов, с помощью которых можно определить наличие дифференциации почвенного профиля и определить степень дифференциации.

Следует подчеркнуть, что когда мы говорим о дифференциации почвенного профиля, то имеем в виду дифференциацию, обусловленную почвенными процессами, а не исходной неоднородностью материнской породы. Поэтому, прежде чем говорить о дифференциации почвенного профиля и о роли почвенных процессов в этой дифференциации, мы должны точно определить, была ли однородной исходная почвообразующая порода. И только в случае, когда мы оцениваем исходную почвообразующую породу как однородную, наше заключение о степени дифференциации за счет почвенных процессов будет корректным.

Рассмотрим вариант, при котором почвообразование протекает на исходной однородной почвообразующей породе. Наиболее надежный критерий однородности почвообразующей породы – это постоянство минералогического состава *крупной фракции почв*, поскольку илистая фракция может мигрировать по почвенному профилю и претерпевать минералогические, химические и другие изменения.

Существует ряд оценок степени дифференциации с использованием данных химического анализа. Один из таких методов заключается в следующем.

Предположим, что в профиле присутствует какой-то минерал в крупной фракции, который весьма устойчив к процессам выветривания и почвообразования, и поэтому его содержание в профиле за время почвообразования не изменяется. Таким минералом может быть гранат (трудно поддающийся выветриванию) или кварц – тоже устойчивый минерал, который всегда присутствует в значительных количествах. Параллельно с определением стабильного компонента в почве определяют тот или иной нестабильный компонент, по которому мы хотим проследить степень дифференциации почвенного профиля (например, железо или алюминий или др.). Понятно, что соотношение между этими компонентами, стабильным и нестабильным, будет меняться в процессе дифференциации почвенного профиля. По формуле, предложенной А. А. Роде [14], можно рассчитать элювиально-аккумулятивный коэффициент (EA_R) любого компонента (оксида):

$$EA_R = \frac{R_1}{R_0} \cdot \frac{S_0}{S_1} - 1,$$

где R_1 – процентное содержание оксида R в верхнем горизонте почвы;

R_0 – то же в материнской породе;

S_1 – процентное содержание стабильного оксида в верхнем горизонте;

S_0 – то же в материнской породе.

Полученный коэффициент (EA_R) выражается в долях единицы, т. е. в долях первоначального содержания данного компонента в породе. Умножением его на 100 можно выразить его в процентах.

Еще один прием, который позволяет оценить степень дифференциации почвенного профиля по содержанию ила. Если почва дифференцирована по илу и дифференциация обусловлена почвенными процессами, то такой профиль всегда будет элювиально-иллювиально дифференцирован, при этом почва будет дифференцирована по железу, алюминию и другим компонентам.

Количественно этот показатель (коэффициент) рассчитывается таким образом:

$$S = \frac{P_B}{P_A} \cdot \frac{D_B}{D_A},$$

где S – коэффициент дифференциации профиля по илу;

P_A – процентное содержание ила в горизонте А;

P_B – то же в горизонте В;

D_A – плотность сложения почвы в горизонте А;

D_B – то же в горизонте В.

В дифференцированных почвообразованием почвах величина коэффициента S всегда больше 1 либо немного меньше единицы (минимум 0,7). Если величина $S < 0,7$, то это результат исходной неоднородности (слоистости) породы, и тогда расчет вообще не возможен.

В соответствии с величиной показателя S почвы по степени дифференциации профиля в первом приближении могут быть разделены на следующие группы:

1. Слабо дифференцированные – $S = 0,7-1,3$,
2. Средне дифференцированные – $S = 1,3-1,6$,
3. Сильно дифференцированные – $S = 1,6-2,0$,
4. Резко дифференцированные – $S > 2$.

Глава 11. ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНОПРОФИЛЯ ПОЧВ

По В. В. Докучаеву, почва – это дневные или близкие к ним горизонты горных пород (все равно каких), которые более или менее естественно изменены взаимным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов – живых и мертвых. Или, иначе говоря, почва представляет собой комплексную функцию климата, организмов, рельефа, горной породы и времени и обладает плодородием, что, как уже отмечалось, математически выражается формулой:

$$S = f(cl, o, r, p, t).$$

В результате взаимодействия указанных факторов формируется почвенный профиль, представляющий собой совокупность генетически взаимосвязанных и взаимообусловленных горизонтов. По своей сути почвенный профиль представляет собой сложное образование, состоящее из элементарных морфогенетических и элементарных эколого-генетических профилей. Среди морфогенетических профилей различают гумусовый, минеральный, физико-химический, карбонатный, солевой; среди эколого-генетических профилей выделяют гидрологический, температурный, воздушный.

Гумусовый профиль с генетических позиций впервые был рассмотрен В. В. Докучаевым, П. А. Костычевым и Н. М. Сибирцевым. Дальнейший

существенный вклад в его анализ был сделан В. Р. Вильямсом, И. В. Тюриным, М. М. Кононовой и В. В. Пономаревой.

В настоящее время в гумусовом профиле черноземов различают:

- 1) мощность гумусовой толщи;
- 2) интенсивность гумусовой окраски;
- 3) содержание гумуса в верхней части горизонта А;
- 4) запасы гумуса в профиле;
- 5) соотношение в составе гумуса углерода гуминовых кислот и фульвокислот и т. п.

Как сформировался гумусовый профиль почв? Можно с уверенностью сказать, что в образовании органофилия почв особую роль играют организмы. Вспомним слова М. В. Ломоносова [8], который говорил, что чернозем (перегной) произошел от согнития животных и растительных тел со временем. Следовательно, организмы дают материал и они же трансформируют этот материал в почвенное органическое вещество – гумус.

Если в упрощенном виде представить схему формирования органофилия почв, то она выглядит следующим образом:

1. Поступление растительных и животных остатков в почву и на почву.
2. Механическое измельчение и растворение.
3. Минерализация.
4. Гумификация.
5. Аккумуляция почвенного органического вещества.

Как известно, растительные остатки поступают в почву двумя путями: с наземным опадом и с корневыми отмершими остатками. В обоих случаях гумусообразование протекает по-разному.

В лесных экосистемах, там, где преобладает наземный опад, формируется лесная подстилка, в которой происходит частичная гумификация растительных остатков. Это как бы своеобразная природная модель начальной стадии гумификации. Если вспомнить морфологическое строение подстилки, то верхние подгоризонты подстилки представляют собой неразложившиеся растительные остатки OL. Следующий подгоризонт подстилки – OF-ферментативный – сложен растительными остатками, несколько разложившимися (морфологически остатки утратили свое строение). Наконец, самый нижний подгоризонт подстилки OH, где органические остатки почти гумифицированы, имеют черный или бурый цвет, мажущую консистенцию, полностью утрачена морфология растительных остатков (однородная аморфная масса), в которой много гуминовых соединений. Это первая стадия гумификации. Затем эти частично гумифицированные растительные остатки с нисходящим током почвенных растворов и за счет роющей и перемешивающей деятельности почвенных животных попадают в минеральную

часть почвенного профиля, где происходит их окончательная гумификация и внедрение в минеральную часть почвы. Таким образом, гумусообразование в лесных ценозах сосредоточено в основном в верхней части профиля, и поэтому многие лесные почвы имеют резко убывающее снижение гумуса с глубиной.

В травяных экосистемах гумусообразование идет за счет растительных остатков, поступающих непосредственно в почву и на почву. На поверхности почвы в лугово-степных ценозах также образуется мощная степная подстилка, или ветошь. Постепенно минерализуясь и гумифицируясь, она поставляет в нижележащие горизонты с вертикальным током воды значительное количество гумусовых веществ.

На процессы формирования органофилия почв большое влияние оказывает качество растительного опада или его химический состав. Хорошо известно, что различные растительные остатки разлагаются с разной скоростью и дают при разложении различные органические соединения.

Особенностью биохимического состава растительных остатков хвойной древесной растительности является высокое содержание лигнина и других трудно разлагаемых компонентов (липидов, танина), высокое содержание углеводов, клетчатки, невысокое содержание азотсодержащих соединений, низкое содержание зольных элементов.

Для лиственных пород характерна меньшая доля трудно разлагаемых компонентов. Значительно меньше доля лигнина, меньше доля липидов, танина. Доля азотсодержащих соединений выше, значительно выше содержание зольных элементов.

Остатки травяной растительности разлагаются значительно быстрее древесной. Доля трудно разлагаемых компонентов здесь невелика. Доля лигнина в несколько раз меньше по сравнению с древесными породами. Доля углеводов возрастает, и еще больше возрастает доля азотсодержащих веществ. Высоко содержание зольных элементов. Все это способствует высокой скорости разложения растительных остатков и их гумификации.

Поступающие в почву растительные остатки трансформируются по двум направлениям:

- минерализация,
- гумификация.

Минерализация – процесс окисления органического вещества до оксидов.

Гумификация – процесс сложной трансформации органического вещества в специфические гумусовые вещества.

Рассмотрим аспекты минерализации. На интенсивность минерализации (разложения) растительных остатков влияет ряд факторов, и первый из них это – состав опада. Чем больше в органическом веществе (в опаде) растворимых соединений и азотсодержащих компонентов, тем выше скорость

их разложения. Лигнин, танины и полифенольные соединения обычно замедляют разложение растительных остатков. Кроме того, на интенсивность разложения большое влияние оказывает содержание зольных элементов.

Состав опада определяет не только интенсивность разложения, но и качество продуктов разложения. Опад, содержащий много трудно разлагаемых компонентов и мало зольных элементов, обычно при разложении создает кислые продукты.

Важным фактором является и деятельность организмов, перерабатывающих растительные остатки. Бактерии способны разлагать практически все органические соединения. Особенно активно они работают на материалах, содержащих крахмал, углеводы. Грибная микрофлора, несколько более селективна (избирательна) в отношении разложения растительных остатков. В частности, лигнин и танины разлагаются преимущественно грибной микрофлорой.

Еще одним фактором разложения растительных остатков являются условия среды. Это прежде всего температура. При возрастании температуры интенсивность разложения возрастает. Наиболее благоприятные температурные условия для разложения 35–37 °С. Низкая температура может иногда приводить к консервации органического вещества в виде торфа.

Наряду с температурой разложение органических остатков обуславливается влажностью почвы. При этом существует определенный оптимум влажности для разложения растительных остатков, для минеральных почв это влажность порядка 50–60 % от НВ. Снижение влажности будет замедлять минерализацию, повышение влажности будет тоже тормозить минерализацию органического вещества и способствовать консервации растительных остатков.

Химический состав и свойства почв также влияют на процесс разложения растительных остатков.

подавляющая часть органических остатков трансформируется по пути минерализации, и только небольшая часть сохраняется в почве в виде гумуса.

Образование гумуса или процесс гумификации – это сложный биофизико-химический процесс превращения высокомолекулярных промежуточных продуктов разложения органических остатков в особый класс органических соединений – гумусовые кислоты. Существуют различные взгляды на этот процесс. По И. В. Тюрину, Л. Н. Александровой и др., ведущее значение в процессе гумификации имеют реакции медленного биохимического окисления, в результате которых образуется система высокомолекулярных органических кислот, которые путем усложнения (ароматизации) переходят в устойчивые комплексы гумусовых кислот. При этом единая система гумусовых кислот постепенно расщепляется на несколько фракций. Менее дисперсная часть системы, образующая нерастворимые в воде со-

единения с кальцием и полуторными оксидами, формируется как группа гуминовых кислот. Более дисперсная фракция, дающая более растворимые соли, образует фульвокислоты.

Возникающая система гумусовых кислот вступает во взаимодействие с зольными элементами растительных остатков, освобождающимися в процессе минерализации, а также с минеральной частью почвы, образуя ряд органо-минеральных соединений.

Образование органо-минеральных соединений может сопровождаться их миграцией в почвенном профиле или аккумуляцией на месте образования. Гуматы щелочных металлов и алюминия хорошо растворимы в воде и легко передвигаются в почвенном профиле. Гуматы кальция плохо растворимы, гуматы магния более подвижны и могут передвигаться по профилю в форме гидратированного золя. Фульваты щелочных и щелочно-земельных оснований хорошо растворимы в воде и могут легко мигрировать по профилю.

Глава 12. ПРОЦЕССЫ ЭЛЮВИАЛЬНО-ИЛЛЮВИАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПОЧВ В КИСЛЫХ УСЛОВИЯХ

Дифференциация почвенного профиля на две различные по составу и свойствам части может быть результатом как педогенеза, так и литогенеза, т. е. профиль может образоваться в процессе почвообразования на исходно однородной материнской породе либо быть унаследованным от исходно двучленной материнской породы.

Дифференцированный тип распределения вещества может быть характерен для разных компонентов. Такой тип распределения может быть в содержании глины, железа, алюминия, гумуса в подзолистых, дерново-подзолистых и других почвах. Почвенный профиль считается дифференцированным по элювиально-иллювиальному типу, если он имеет подобную дифференциацию по многим компонентам.

В соответствии с современными воззрениями дифференциация профиля по элювиально-иллювиальному типу является результатом почвенных процессов. Отсюда можно дать следующее определение такому профилю. *Под элювиально-иллювиально дифференцированным профилем понимается почвенный профиль, сформировавшийся в результате почвообразовательного процесса путем дифференциации исходной почвообразующей породы на элювиальную (обедненную) и иллювиальную (обогащенную) части.*

Формирование такого профиля происходит под воздействием многих процессов, среди которых различают процессы, формирующие элювиальную часть, и процессы, приводящие к образованию иллювиальной части профиля.

Как уже отмечалось, элювиальные процессы включают в себя широкий круг элементарных почвенных процессов. Все они связаны с разрушением или преобразованием минеральной и органической части почвы в элювиальном горизонте. При этом продукты разрушения подвергаются выносу нисходящими либо латеральными водными внутрпочвенными потоками. В результате этого элювиальный горизонт становится обедненным теми или иными соединениями и относительно обогащенным оставшимися на месте соединениями.

Каждый из элювиальных процессов является в той или иной степени сложным, включающим серию простых процессов. Ряд из них изучен достаточно подробно, а другие остаются до сих пор научной догадкой. Среди элювиальных процессов хорошо нам известные процессы оподзоливания, обезыливания, отбеливания, псевдоооглеения и др.

Оподзоливание – процесс, которому посвящено огромное количество литературы, в том числе несколько монографий (Роде [13]; Ремезов [12]; Пономарева [11]). Тем не менее этот процесс до сих пор остается невыясненным и спорным, неоднозначно характеризующимся различными школами почвоведов. Согласно концепции русской школы почвоведения оподзоливание морфологически характеризуется формированием осветленного белесого горизонта слоеватой структуры или бесструктурного, языками или потоками заходящего в нижележащий горизонт В. Он, как правило, облегчен по грансоставу, уплотнен и микропористый, мучнистый на ощупь, с наличием сегрегационных стяжений и микроконкреций железа и марганца.

В основе процесса оподзоливания предполагается кислотный гидролиз глинистых минералов в условиях гумидного климата и промывного водного режима с накоплением в элювиальном горизонте аморфного кремнезема и обеднением его илом, алюминием, железом и основаниями.

По современным представлениям главным фактором оподзоливания служит бедность лесного опада зольными элементами и азотом. Низкое содержание питательных веществ и оснований в подстилке, а также преобладание грибной микрофлоры в процессе ее разложения способствуют интенсивному образованию кислот, среди которых наиболее распространены фульвокислоты и низкомолекулярные органические кислоты (муравьиная, уксусная, лимонная и др.).

Агрессивные органические кислоты, попадая из подстилки в почву, разлагают (разрушают) первичные и вторичные минералы. Кроме того, взаимодействуя с освобождающимися в процессе разрушения полуторными оксидами, органические кислоты образуют с ними подвижные комплексные соединения. Передвигаясь вниз, растворы все более обогащаются полуторными оксидами, что приводит к осаждению комплексов в иллювиальном горизонте. Таков в общих чертах механизм процесса оподзоливания.

Формирование элювиального горизонта может происходить и под влиянием других процессов: обезыливания, сегрегации, псевдооглеения.

Обезыливание – это процесс пептизирования, отмывки илистых частиц с поверхности зерен грубозернистого (песчаного и крупнопылеватого) материала или из микроагрегатов и выноса их в неразрушенном состоянии из элювиального горизонта.

Главным признаком этого процесса является формирование под осветленным элювиальным горизонтом глинисто-иллювиального горизонта, в котором обильны натечные слоистые ориентированные глины по порам и микротрещинам и глинистые пленки по граням структурных отделеностей.

В элювиальном белесом горизонте отмечается обилие светлых, отмывтых от оксидных пленок зерен первичных минералов. Лессивированный горизонт обычно имеет белесый, желтовато-белесый, серовато-белесый или сизовато-белесый цвет, непрочную слоеватую структуру, либо он бесструктурный, рассыпчатый в сухом состоянии и глыбистый во влажном.

Процесс сегрегации также может приводить к образованию элювиального горизонта. Суть самого процесса заключается в снятии полутораоксидных, органо-минеральных или органических пленок с крупнозернистого материала и образовании дискретных центров концентрации или сегрегации железа и марганца.

Процесс связан с периодическим чередованием окислительной и восстановительной обстановки в каком-либо горизонте. Сегрегация железа и марганца в пределах горизонта связана с распределением напряженности поля окислительно-восстановительного потенциала. Различия в величинах потенциала обуславливают поток ионов железа от точек с низким потенциалом к точкам с высоким потенциалом. Причиной различия напряженности поля ОВП является различие в почвенной порозности, структурности, сложенности и др. Результатом этого процесса является формирование резко выраженного белесого горизонта с дискретно разбросанными железисто-марганцевыми конкрециями.

Наконец, процесс псевдооглеения также приводит к формированию элювиального горизонта. Суть процесса заключается во внутрпочвенном, поверхностном или подповерхностном оглеении под воздействием периодического переувлажнения верховодкой. Поскольку переувлажнение почвы здесь непостоянное и сопровождается периодическим промыванием этого слоя, то образуется своеобразный элювиальный горизонт, в котором оглеение сочетается с разрушением соединений и выносом части продуктов разрушения. Наиболее четким признаком псевдооглеения является сочетание в осветленном элювиальном горизонте мраморизации и сегрегации. Появление мраморовидной окраски связано с чередованием восстановительных и окислительных процессов. При восстановлении происходит мобилизация

железа и марганца, а при окислении – выпадение их из раствора с образованием конкреций. В результате окраска слоя становится пятнистой, сетчатой.

Вот таковы, в основном, пути (механизмы) формирования элювиальной части профиля дифференцированных почв.

Иллювиальная часть дифференцированных почв формируется под влиянием также множества самых разнообразных почвенных процессов. Перечень и суть этих процессов хорошо известны. Это глинисто-иллювиальный процесс, гумусо-иллювиальный, железисто-иллювиальный, подзолисто-иллювиальный и другие. Для них характерна аккумуляция веществ в средней или нижней части профиля дифференцированных почв. При этом накопление веществ может происходить за счет отложения, трансформации или закрепления вынесенных из элювиального горизонта соединений.

Следует отметить, что до настоящего времени в науке нет единого мнения о самом механизме образования иллювиального горизонта, и были высказаны различные взгляды на процесс накопления веществ в иллювиальном горизонте.

Считается, что осаждение (аккумуляция) веществ в иллювиальном горизонте происходит:

- 1) в результате изменения реакции среды, ОВП, концентрации почвенного раствора, катионного состава почвенного раствора, соотношения обменных катионов;
- 2) в результате изменения градиента влажности на нижней границе сезонного промачивания почвы нисходящим током воды и на верхней границе капиллярной каймы грунтовых вод;
- 3) в результате изменения гидрофизических параметров породы в случае ее литологической неоднородности (слоистости);
- 4) в результате постепенного насыщения просачивающихся растворов, их нейтрализации.

Как видно, аккумуляция веществ в иллювиальном горизонте может происходить самыми различными путями, тогда как результат будет единым – формирование иллювиального горизонта.

Глава 13. ПРОЦЕССЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПРОФИЛЯ В ЩЕЛОЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Хорошо известно, что существует довольно большой набор почв, профиль которых дифференцирован по элювиально-иллювиальному типу. И в то же время не менее хорошо известно, что пути образования этих почв имеют свои особенности.

Так, профили подзолистых почв и солодей имеют очень много общих морфологических черт. Тем не менее процессы формирования этих почв совершенно различны.

Общим для щелочных и кислых почв является дифференцированный профиль с четко выраженным элювиальным горизонтом. Причем свойства его как в тех, так и в других условиях весьма сходны (окраска, состав, структура и др.). В то же время свойства иллювиальных горизонтов данных почв существенно различаются по составу обменных катионов, кислотности, наличию новообразований (хотя есть и общие черты: ориентированная глина, более тяжелый грансостав, структура и т. п.).

Особенности дифференциации почв по элювиально-иллювиальному типу в кислых условиях были показаны выше, а особенности механизмов дифференциации почв в щелочных условиях рассмотрим сейчас.

Как известно, наиболее широко распространенными и наиболее типичными почвами, профиль которых дифференцирован таким образом, являются солонцы и солоды или почвы с признаками осолонцевания и осолодения. Эти почвы, особенно солонцы, давно привлекали внимание почвоведов, и, как всегда, история их изучения на самых начальных этапах восходит к В. В. Докучаеву. Докучаев описал почвы с признаками солонцеватости, но в самостоятельную таксономическую группу солонцы он не выделял, а солонцами называл вообще неплодородные почвы степной зоны, низкое плодородие которых обусловлено присутствием солей и щелочной реакцией.

Довольно много внимания уделяли изучению солонцов последователи В. В. Докучаева, среди которых в первую очередь надо упомянуть С. С. Неуструева, Л. И. Прасолова, П. А. Земятченского и др. Имена этих ученых связаны с начальным этапом изучения солонцов и осолоделых почв, когда данные почвы аналогизировались с подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами. И это естественно, т. к. они по морфологии и строению были довольно близки. Пожалуй, впервые стройную концепцию генезиса этих почв (солонцов и солодей) предложил К. К. Гедройц [3]. На основе своего учения о почвенном поглощающем комплексе он разработал физико-химическую гипотезу солонцеобразования, осолодения, осолонцевания. Сейчас, как известно, в основе генетических концепций применительно к этим почвам лежат особенности ППК и состава поглощенных катионов, но впервые это

было высказано К. К. Гедройцем. Он обосновал и выделил эволюционный ряд: солончак – солонец – солодь, т. е. последовательное превращение засоленных почв в щелочные солонцы и затем в осолоделые почвы.

Эта гипотеза признается и сейчас, но, разумеется, с некоторыми дополнениями. Во-первых, этот путь образования солонцов в настоящее время со всей определенностью нельзя считать единственным.

В природе существуют пути образования солонцов и без солончаковой стадии. Это доказанный факт, который впервые был высказан В. А. Ковдой [7]. В дальнейшем было обнаружено, что существуют почвы, по морфологическим и физическим свойствам вполне соответствующие солонцам, но по составу катионов в ППК не удовлетворяющие теории Гедройца. Эти почвы не имели натрия в ППК, или его было очень мало, но в них была высокая доля обменного магния. Или же, что случалось значительно реже, описывались почвы, не содержащие ни натрия, ни магния в ППК, но в то же время по морфологическим и физическим свойствам удовлетворяющие всем критериям солонцов. Наличие этих почв (магниевого солонцов, малонатриевых и безнатриевых) вносит существенные сложности в диагностику солонцов и солонцеватых почв.

Хорошо известно, что к солонцам относятся почвы, содержащие определенное количество натрия в ППК ($> 15\text{--}20\%$). С меньшим содержанием натрия в ППК – почвы солонцеватые с различной степенью солонцеватости ($5\text{--}10\text{--}15\%$).

Факт наличия магневых, малонатриевых и безнатриевых солонцов заставляет задуматься над почвенной диагностикой в новой классификации почв России, разработанной коллективом авторов института имени В. В. Докучаева. В ней вообще не учитывается содержание натрия в ППК, а солонцы диагностируются по наличию солонцового горизонта морфологически. Это пока предложения, к тому же весьма дискуссионные, они не являются общепринятыми. Тем не менее, несмотря на различие взглядов на генезис солонцов, сущность солонцового процесса изучена и существует ряд положений, которые описывают этот процесс.

В чем заключается процесс солонцеобразования? Сам механизм образования элювиально-иллювиально-дифференцированного профиля заключается в том, что тонкодисперсные почвенные частицы (ил и почвенные коллоиды) пептизируются и мигрируют в пределах почвенного профиля. Условием пептизации ила и коллоидов служит внедрение натрия в ППК и его насыщение. Коллоиды, обогащенные натрием, обладают способностью удерживать на своей поверхности воду, сильно набухают, приобретают устойчивость против коагуляции и значительную подвижность. Это основные факторы, определяющие пептизацию тонкодисперсных почвенных частиц.

Еще одно условие протекания солонцового процесса – это щелочная реакция. Она также способствует пептизирующей деятельности натрия. Кроме того, щелочная реакция вызывает щелочной гидролиз минералов.

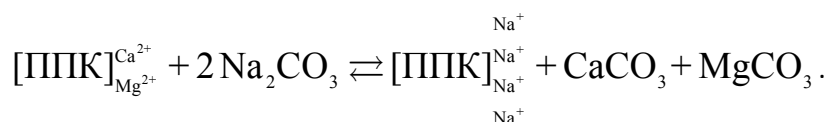
Солонцы обладают высокой актуальной и потенциальной щелочностью. Высокая потенциальная щелочность определяется присутствием натрия в ППК, а актуальная щелочность определяется, главным образом, наличием соды в солонцовом горизонте.

Роль соды в солонцовом процессе очень велика по нескольким причинам:

1) сода обеспечивает сильную щелочную реакцию солонцового горизонта;

2) именно сода в наибольшей степени благоприятствует внедрению натрия в ППК.

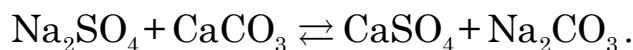
Это объясняется тем, что кальций и магний, вытесняемые из ППК, связываются с карбонатами в нерастворимые соединения, благодаря чему равновесие реакции сдвигается вправо и насыщение ППК натрием происходит достаточно полно до 70–90 %, что показано в работах Н. И. Базилевич [1].



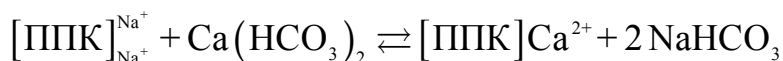
Таким образом, можно считать, что если в почве появилась сода, то возникает большая вероятность осолонцевания почв.

Откуда берется сода в почвах? Сода в природных условиях образуется при выветривании горных пород и минерализации растений, содержащих то или иное количество натрия. Последний, соединяясь с карбонат-ионами, которые всегда присутствуют в почве, образует соду.

Сода может образовываться в результате взаимодействия нейтральных солей с карбонатами щелочных земель (реакция Гильгарда):

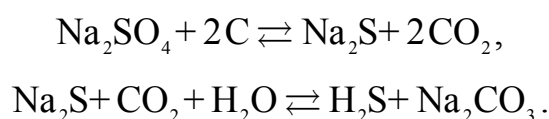


Сода может образовываться в результате обменных реакций, т. е. путем вытеснения натрия из ППК по схеме К. К. Гедройца:



Продуктом реакции является бикарбонат натрия, который при определенной концентрации переходит в нормальную соду.

Существует еще один путь образования соды (иногда его называют биохимическим путем, т. к. в нем участвуют сероводородные бактерии). Суть его в том, что сульфат натрия восстанавливается до сульфида, а сульфид натрия взаимодействует с углекислотой и водой и образует соду:



Для образования солонцов, кроме наличия соды и протекания различных почвенных процессов, необходимо еще и сочетание определенных экологических условий (факторов).

Это прежде всего климатические условия. Для формирования солонцов необходимо некоторое преобладание испаряемости над осадками. Коэффициент увлажнения должен быть менее 1. При этом, с одной стороны, обеспечивается периодическое промывание в верхней части почвенного профиля, что не дает возможности подтягивания солей в солонцовый и надсолонцовый горизонты. И, с другой стороны, это дает возможность длительного сохранения солей в нижних горизонтах профиля. В ландшафтном отношении этим условиям удовлетворяют лесостепи, степи и полупустыни. Наиболее благоприятные условия формируются в зоне сухих степей, где и встречаются довольно широко типичные солонцы.

Почвообразующие породы тоже налагают определенные ограничения на протекание солонцового процесса. На легких породах, как правило, осолонцевания не происходит. Солонцы – это почвы тяжелого гранулометрического состава. При этом нужно подчеркнуть, что как легкие почвы препятствуют возникновению осолонцевания, так и очень тяжелые также препятствуют проявлению осолонцевания, потому что в них затруднена миграция ила, что делает невозможным или затрудняет элювиально-иллювиальную дифференциацию почвы по илу.

Солонцовый процесс, сопровождаясь высокой щелочностью, пептизацией тонкодисперсных частиц, внедрением натрия в ППК, приводит, как правило, к глубоким изменениям как минеральной, так и органической частей почвы. Происходит изменение минералогического состава (увеличивается содержание иллитов) в тонкодисперсной фракции ($KAl_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$), уменьшается доля смешанослойных образований. Высокая щелочность обуславливает растворение гумусовых веществ, их потечность. Поэтому в солонцовом горизонте иногда отмечается высокое отношение $C_{ск} : C_{фк}$, т. е. гумусовые кислоты растворимы в щелочной среде.

Необходимым атрибутом профиля солонца является элювиальный осолоделый горизонт. Процесс осолодения является, с одной стороны, необходимой частью общего процесса формирования профиля солонца, а с другой – процесс осолодения является ведущим при образовании солоди. Солоди – это также дифференцированные почвы, но принципиально отличающиеся от солонцов. Дифференциация у них имеет другую форму, другое проявление. В основе процесса осолодения лежит так называемый щелочной гидролиз минералов.

В основе щелочного гидролиза минералов лежат следующие механизмы:

1) вытеснение натрия из ППК ионом водорода в результате чего повышается актуальная щелочность за счет образования соды по реакции Гедройца и происходит разрушение минералов под влиянием щелочных растворов;

2) внедрение водорода в кристаллическую решетку минералов, в результате чего происходят глубокие структурные изменения минералов.

Если процесс замещения натрия на водород является доказанным, то внедрение водорода в кристаллическую решетку точно не описано, его суть не ясна и проявление этого процесса не доказано.

Разрушение почвенных минералов под влиянием щелочной реакции с выносом продуктов разрушения за пределы элювиального горизонта – это процесс существующий, доказанный и не вызывающий сомнений. В этом сущность процесса осолодения.

В результате этого процесса возникает солодь, дифференцированная по элювиально-иллювиальному типу. Солодь имеет резко выраженный элювиальный осолоделый горизонт, а также иллювиально-глинистые, иллювиально-гумусовые, иллювиально-железистые горизонты. Профиль солоди напоминает профиль подзолистой почвы. Качественным критерием, позволяющим различать их, является наличие карбонатных, иногда гипсовых новообразований в глубоких горизонтах профиля солоди и щелочная реакция среды.

В соответствии с классической теорией К. К. Гедройца, солодь – это продукт эволюции солонца в результате изменения солонцового горизонта, дальнейшего промывания и выхода натрия из ППК и замещения его водородом. В работах Н. И. Базилевич показано, что солоди могут образовываться, минуя стадию образования солонца и солончака. Условием, необходимым для образования солоди, является пульсирующий водный режим, при котором почвы периодически увлажняются слабоминерализованными щелочными водами, содержащими соду. Эту концепцию в большой мере подтверждает то обстоятельство, что солоди – это гидроморфные почвы, оглеенные в нижней части, и поэтому такое образование их вполне правомерно.

Суть этой концепции следующая: в теплый летний период капиллярная кайма грунтовых вод, содержащих Na_2CO_3 , подтягивается в верхние горизонты, где происходит внедрение натрия в ППК, т. е. происходит процесс осолонцевания. Во влажные периоды происходит промывание почвы растворами, содержащими органические кислоты и угольную кислоту. Это вызывает замену поглощенного натрия водородом, т. е. происходит процесс осолодения. Наиболее активно эти процессы идут в нижней части элювиального горизонта, что вызывает постепенное увеличение его мощности. Таким образом, периодическое осолонцевание и рассолонцевание приводит к образованию солоди. Осолодение может проявляться параллельно с осо-

лонцеванием, как это имеет место в профиле солонца, а может проявляться самостоятельно, когда солодь образуется без прохождения стадий солончака и солонца.

Глава 14. МИГРАЦИЯ КАРБОНАТОВ И ФОРМИРОВАНИЕ КАРБОНАТНОГО ПРОФИЛЯ ПОЧВ

Роль карбонатов в почвообразовании, в формировании тех или иных свойств всегда стоит особняком в силу своей особой значимости.

Карбонаты – один из немногих компонентов вещественного состава почв, содержание которых учитывается в классификации почв. Выделяют карбонатные и бескарбонатные почвы. Сам факт признания или использования этого признака в систематике почв указывает на его большое значение в почвообразовании.

Внимание к карбонатам не случайно. Карбонаты определяют многие почвенные свойства. Хорошо известно, что содержание карбонатов определяет реакцию почвенной среды. Именно дифференциация профиля по содержанию карбонатов определяет дифференциацию профиля по величине рН. Карбонаты определяют насыщенность почв основаниями. Карбонатные горизонты почв – это своеобразный геохимический барьер, который контролирует миграцию органического вещества.

В большинстве почв на карбонатных породах нижняя граница гумусированной толщи часто совпадает с линией вскипания. Карбонаты существенным образом влияют на процессы гумификации, усредняя вновь образующиеся гумусовые кислоты, создавая стабильные органоминеральные комплексы – гуматы кальция.

Карбонатное состояние почв определяет питательный режим.

Процессы накопления карбонатов, процессы их миграции играют существенную роль в процессах почвообразования и обуславливают формирование карбонатного профиля. Карбонатный профиль некоторых типов является одним из основных диагностических признаков.

Карбонатный профиль почв – явление не менее уникальное, чем гумусовый профиль. Его строение, происхождение, динамика и эволюция были и остаются предметом дискуссии почвоведов.

Что же из себя представляет карбонатный профиль? Рассмотрим его на примере черноземов.

Общей закономерностью поведения карбонатов в профиле почв является почти равномерное распределение их в верхней части гумусового слоя, затем резкое возрастание их содержания на границе карбонатно-иллювиального горизонта и вновь относительно равномерное распределение в карбонатной толще.

То есть весь карбонатный профиль черноземов можно разделить на три основных горизонта, характеризующихся различным градиентом изменения содержания CaCO_3 с глубиной:

1. Верхний – обедненный, или горизонт выщелачивания с минимальным содержанием и величиной градиента изменения количества карбонатов.

2. Средний – горизонт интенсивного накопления с максимальным градиентом изменения карбонатов.

3. Нижний – горизонт относительно равномерного накопления с небольшим меняющимся градиентом изменения свободных карбонатов с глубиной.

На фоне общих закономерностей распределения карбонатов в профиле различных почв наблюдаются самые различные вариации распределения и строения карбонатного профиля.

Как же сформировался карбонатный профиль черноземов? Ранее считалось, что черноземы формировались на карбонатных породах. В процессе почвообразования происходили постепенное вымывание (выщелачивание) карбонатов из гумусового горизонта и их аккумуляция в подгумусовой толще. То есть считалось, что почвообразующая порода до формирования черноземов содержала углекислый кальций и легкорастворимые соли с самой поверхности. По мере формирования профиля черноземной почвы углекислый кальций и легкорастворимые соли перемещались вглубь.

Более близкое залегание верхней границы карбонатного горизонта к поверхности по сравнению с нижележащим солевым (гипсовым) горизонтом объяснялось меньшей растворимостью CaCO_3 по сравнению с CaSO_4 . Между тем почвы существуют достаточно длительное время, чтобы углекислый кальций, несмотря на малую растворимость, мог «догнать» гипс и более растворимые соли при передвижении в нижнюю часть почвенного профиля.

Такое упрощенное представление о способе формирования карбонатного профиля черноземов объяснялось недостаточной изученностью водного, солевого и газового режимов этих почв.

По современным представлениям миграция карбонатов и соответственно формирование карбонатного профиля определяется карбонатно-кальциевым равновесием, в основе которого лежит переход карбоната кальция в бикарбонат:



В значительной степени карбонатно-кальциевое равновесие определяется концентрацией CO_2 в почвенном воздухе. Ранней весной и поздней осенью концентрация CO_2 в почве низкая и повышается в летний период, в

период активной деятельности корней и микрофлоры. Все это оказывает существенное влияние на миграцию карбонатов в профиле почв.

Процесс идет следующим образом.

Черноземы лесостепи обладают периодически промывным водным режимом. Как правило, наиболее глубокое промачивание почв происходит в период весеннего снеготаяния. С нисходящим током воды выносятся растворимые вещества и прежде всего $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Однако содержание гидрокарбоната кальция весной невелико, т.к. в этот период в связи с низкими температурами биологическая активность подавлена, в почвенном воздухе содержание CO_2 понижено и растворимость CaCO_3 мала. Поэтому вынос $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ из карбонатного горизонта сравнительно невелик.

Летом вследствие десукции и отчасти физического испарения в черноземах господствуют восходящие токи воды. Количество воды, перемещающееся вверх, меньше, чем нисходящий поток весной. Однако восходящие растворы обогащены $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, т.к. летом содержание CO_2 в почвенном воздухе за счет высокой биологической активности велико и соответственно выше растворимость CaCO_3 . Восходящими токами в карбонатный горизонт возвращается гидрокарбонат кальция, вынесенный весной, чем и поддерживается существование этого горизонта и высокое содержание бикарбоната кальция в почвенном растворе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Базилевич Н. И.* Геохимия почв содового засоления / Н. И. Базилевич. – М. : Наука, 1965. – 351 с.
2. *Вильямс В. Р.* Почвоведение / В. Р. Вильямс. – М. : Сельхозгиз, 1946. – 458 с.
3. *Гедройц К. К.* Осолодение почв / К. К. Гедройц // Труды Носовской опытной станции. – 1926. – Вып. 44. – С. 7–48.
4. *Герасимов И. П.* Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения / И. П. Герасимов. – М. : Наука, 1976. – С. 193–215.
5. *Докучаев В. В.* Картография, генезис и классификация почв. Избр. соч. / В. В. Докучаев. – М. : Сельхозгиз, 1949. – Т. III. – С. 339–361.
6. *Захаров С. А.* Курс почвоведения / С. А. Захаров. – М. : Госиздат, 1927. – 440 с.
7. *Ковда В. А.* Солончаки и солонцы / В. А. Ковда. – М. : АН СССР, 1937. – 248 с.
8. *Ломоносов М. В.* О слоях земных / М. В. Ломоносов. – М. ; Л. : Госгеолиздат, 1949. – 211 с.
9. *Неуструев С. С.* Генезис и география почв / С. С. Неуструев. – М. : Наука, 1977. – 327 с.
10. *Неуструев С. С.* Элементы географии почв / С. С. Неуструев. – М.; Л. : Наука, 1930. – 264 с.
11. *Пономарева В. В.* Теория подзолообразовательного процесса. Биохимические аспекты / В. В. Пономарева. – М. ; Л. : Наука, 1964. – 374 с.
12. *Ремезов Н. П.* Дальнейшие исследования по теории подзолообразования / Н. П. Ремезов // Почвоведение. – 1941. – № 3. – С. 129–141.
13. *Роде А. А.* Подзолообразовательный процесс. Избр. труды / А. А. Роде. – М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. – Т. 2. – 480 с.
14. *Роде А. А.* Теоретические проблемы почвоведения и вопросы генезиса почв. Избр. труды / А. А. Роде. – М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. – Т. 1. – 244 с.
15. *Розанов Б. Г.* Морфология почв / Б. Г. Розанов. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – 433 с.
16. *Сибирцев Н. М.* Почвоведение. Избр. сочинения / Н. М. Сибирцев. – М. : Сельхозгиз, 1951. – Т. 1. – 472 с.
17. *Соколов И. А.* Теоретические проблемы генетического почвоведения / И. А. Соколов. – Новосибирск : Наука, 1993. – 232 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Почвообразование как природный процесс	4
Глава 2. Стадии почвообразования	6
Глава 3. Баланс вещества в почвообразовании	7
Глава 4. Ограничения в применимости концепции почвенных процессов	9
Глава 5. Уровни структурной организации почв.....	11
Глава 6. Понятие об элементарном почвенном процессе	12
Глава 7. Схема элементарных почвенных процессов по И. П. Герасимову.....	15
Глава 8. Система почвенных процессов по Б. Г. Розанову.....	16
Глава 9. Почвенный профиль.....	32
Глава 10. Распределение веществ и дифференциация профиля	36
Глава 11. Процессы формирования органофилия почв	40
Глава 12. Процессы элювиально-иллювиальной дифференциации почв в кислых условиях.....	44
Глава 13. Процессы дифференциации профиля в щелочных условиях.....	48
Глава 14. Миграция карбонатов и формирование карбонатного профиля почв	53

Учебное издание

Щеглов Дмитрий Иванович
Брехова Любовь Ивановна

ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Учебное пособие

Редактор *Л. В. Новикова*
Компьютерная верстка *Н. А. Сегиды*

Подписано в печать 17.02.2016. Формат 60×84/16
Уч.-изд. л. 4,0. Усл. печ. л. 3,4. Тираж 75 экз. Заказ 898

Издательский дом ВГУ
394000 Воронеж, пл. Ленина, 10

Отпечатано в типографии Издательского дома ВГУ
394000 Воронеж, ул. Пушкинская, 3