

## СТАДИИ ЭВОЛЮЦИИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ

*Б. П. Градусов*

Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН

В почвоведении есть ряд исследований, сформировавших представления о зрелой почве, стадиях саморазвития и климаксных изменениях. О процессах и факторах, благодаря которым происходит эволюция почв, о «скорости» изменений разных свойств писали многие почвоведы. Назову работы Б.Б. Польшова (1916), Г. Иенни (1948), А.А. Роде (1947, 1971), И.А. Соколова и В.О. Таргульяна (1976).

А.А. Роде в монографии «Факторы почвообразования и эволюция почв» (1947) рассматривает изменение «скоростей» почвообразования в зависимости от дисперсности и особенностей минералов твердой фазы подзолистой почвы. На первой стадии подзолистого процесса происходит «разрушение большей части запаса вторичных глинистых минералов» (с. 121–122). По окончании этой быстро идущей стадии, наступает вторая, в которой «решающее значение получают медленные процессы выветривания первичных минералов» (с. 122).

Замедление скорости разрушения минералов приводит к уменьшению элементов минеральной пищи растений и сукцессии фитоценоза. Это состояние соответствует, по Роде, «климаксу» ценоза. Роде относит понятие климакса к биогеоценозу как системе в понимании В.Н. Сукачева, а не к почве как подсистеме. В основе эволюции системы лежит необратимый характер изменений минералов в почвенной подсистеме.

В работе предпринята попытка разработать методологию изучения эволюции почв на примере наиболее детально исследованных дерново-подзолистых суглинисто-глинистых почв. Предварительно все почвы исследованы на предмет однородности почвообразующего покровного суглинка. Основная задача работы – формирование количественного по аналитическим данным подхода к идентификации стадий онтогенеза почв. Методологическую основу исследования представляет сравнительный анализ целого распределения химического состава почв с последовательностью распределений химического состава гранулометрических фракций. Фракции выделены по методу Н.И. Горбунова. Особенность метода в том, что всю навеску почвы делят на фракции, после того, как полностью выделена предшествующая фракция. Это метод валовых «рафинированных» проб.

Химический состав почвы в целом по горизонтам сравнивается с составом этих «рафинированных» аналитически фракций. Модель связывает изменения химического состава почвы с размерами и кристаллохимией

частиц породообразующих минералов по фракциям. Принимается, что в основе эволюции суглинков элювиально-подзолистым процессом лежит понижение интенсивности процессов изменения частиц в соответствии с увеличением размеров остаточных частиц, понижением доли слоистых и увеличением доли каркасных минералов. Назовем этот подход сравнительным грануло-структурно-минералогическим.

*Основная закономерность изменений химического состава и две стадии эволюции почв (модель).* В литературе имеются данные о химическом составе каждой из шести гранулометрических фракций (Роде, 1937; Тонконогов и др., 1987; Фридланд и др., 1986; Градусов, 1963, 1980; Иванов, 1992; Яковлева, 1993 и др.).

В табл. 1 помещены значения количеств кремнезема в последовательности фракций: от илистой до среднеспесчаной. С увеличением размеров частиц закономерно увеличивается содержание во фракциях кремнезема. Однако, количество оксида во фракциях ограничено: не ниже 56% и не превышает 85-87% (табл.1).

**Таблица 1.** Количество кремнезема в последовательности гранулометрических фракций дерново-подзолистой суглинистой почвы (по материалам Тонконогова и др. 1987, Фридланда и др., 1989)

| Горизонт        | Глубина, см | Ил   | Тонкая пыль | Средняя пыль | Крупная пыль | Мелкий песок | Крупный песок |
|-----------------|-------------|------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| A1              | 3-12        | 61,4 | 76,95       | 83,09        | 85,8         | 85,8         | 87,9          |
| A2 <sub>1</sub> | 12-20       | 60,1 | 77,65       | 83,05        | 85,94        | 85,9         | 86,6          |
| A2 <sub>2</sub> | 20-30       | 60,2 | 77,67       | 82,88        | 86,74        | 86,7         | 87,6          |
| A2/B            | 30-45       | 59,8 | 77,23       | 81,78        | 85,23        | 85,2         | 87,1          |
| A2/B            | 45-50       | 59,1 | 76,43       | 81,22        | 85,56        | 85,2         | 86,9          |
| B/A2            | 50-60       | 58,8 | 78,57       | 81,27        | 84,7         | 85,6         | 87            |
|                 | 60-69       | 59,6 | 76,52       | 81,59        | 85,24        | 84,7         | 86,4          |
| B1t             | 69-80       | 59,8 | 76,17       | 81,29        | 85,39        | 85,2         | 85,8          |
|                 | 80-90       | 59,5 | 76,51       | 81,33        | 85,58        | 85,7         | 87,7          |
|                 | 90-100      | 59,8 | 75,79       | 81,68        | 86,11        | 85,4         | 87,5          |
| B2tg            | 100-110     | 60,8 | 76,39       | 81,61        | 85,16        | 85,6         | 87,4          |
|                 | 110-120     | 60,3 | 75,6        | 81,16        | 84,95        | 86,1         | 86,6          |
|                 | 120-130     | 60,9 | 76,5        | 81,6         | 85,05        | 85,5         | 87,1          |
| Среднее         |             | 60,0 | 76,8        | 81,8         | 85,5         | 85,6         | 87,0          |

Первоосновная черта распределения оксидов фракций по профилю заключается в том, что их количество (в пересчете на фракции, %) не изменяется систематически по горизонтам. Это означает, что состав остаточной части горизонтов определяется соотношениями количеств фракций ила и неила. Это возможно лишь в том случае, если элювируются кри-

сталлохимически близкие и нетрансформируемые минералы в подзолистом процессе. Это низкокремнистые минералы глинистого типа, неустойчивые к кислым растворам.

С увеличением размера фракций количество оксида вначале прирастает интенсивно, а затем интенсивность прироста уменьшается и стремится к нулю. Увеличение количества кремнезема с увеличением размеров частиц носит характер асимптотической функции. В сущности, по такой же функции распределен оксид алюминия, но «обратным знаком». Такое распределение содержания макрооксидов по гранулометрическим фракциям будем считать **основной закономерностью дифференциации состава твердой фазы** в онтогенезе подзолистых и дерново-подзолистых суглинистых почв.

Кривая основной закономерности характеризует уменьшение интенсивности изменений с увеличением размеров частиц и устойчивости к кислотной атаке в результате реального подзолистого макропроцесса в открытой системе.

*Распределение частоты почв по категориям разности между количествами кремнезема в подзолистом горизонте и породе.* Выборку составили 111 профилей дерново-подзолистых суглинистых почв. Среднее количество кремнезема в породе 75,3% Амплитуда изменений: 73–76 %. Выделено 5 категорий разности в содержании кремнезема между горизонтами А2 и С.

Подзолистый горизонт обогащен кремнеземом до содержаний, соответствующих его количеству во фракциях средней и крупной пыли (83% от суммы общего числа профилей). Судя по значению разности SiO<sub>2</sub> небольшая часть (13%) профилей оподзолена более интенсивно. Еще меньше значение частоты (6%) категорий разности кремнезема менее 3, которая соответствует по количеству кремнезема составу тонкой пыли (табл. 2). Подзолистых горизонтов с содержанием кремнезема больше 85 % в выборке нет. Эта величина (84,5%) соответствует среднему содержанию кремнезема в кварце (100%) и ортоклазе (69%). По оптическим определениям М.П. Вербы (1987) и термовесовым методом В.В. Беркгаута (1991) среднее количество кварца 82, а ортоклаза 18%.

**Таблица 2.** Распределение числа разрезов (частоты) почв по градациям разности содержаний кремнезема в гор. А2 и породе. Всего 111 разрезов

| Показатель                              | Категории разности содержаний кремнезема, % |      |      |      |      |
|---|---|------|------|------|------|
|   | < 3   | 3–5  | 5–8  | 8–10 | >10  |
| Среднее содержание кремнезема в гор. А2 | 77,1  | 79,3 | 82,3 | 84,3 | 84,3 |
| Число разрезов                          | 7   | 30   | 39   | 22   | 13   |
| Частота, %                              | 6,3   | 27   | 35,1 | 19,8 | 11,7 |

*Переходный характер тонкопылеватой фракции.* Фракции тонкой и средней пыли не являются модальными компонентами гранулометрического состава почв на покровных суглинках.

Исследования О.А. Яковлевой (1993), Д.Ю. Иванова (1990) показали, что главные минералы этих фракций – кварц и полевые шпаты – сопровождаются хорошо окристаллизованными слоистыми силикатами (диоктаэдрическими слюдами и триоктаэдрическими хлоритами). Во фракциях имеются смешанослойные образования хлорит – смектитового (вермикулитового) и слюда-вермикулитового (смектитового) типа. В небольших количествах в тонкой пыли имеются смешанослойные слюда-смектитовые образования, которые можно рассматривать как остаточный глинистый компонент тонкой пыли.

Во фракции средней пыли глинистых минералов практически нет, а слоистые силикаты присутствуют в количестве до 3%.

Распределения гранулометрических фракций 0,001–0,005 и 0,005–0,01 мм по профилям зрелых почв происходит по-разному. Это отражает как небольшое уменьшение количества частиц данной размерности вследствие разложения глинистых минералов, так и относительный прирост этой фракции в результате гораздо более интенсивного разрушения частиц ила. Вследствие низкого содержания фракции, элювиальный результат ее изменений по профилю мал и неопределен. По той же причине тонкая пыль не является действительным фактором изменений гранулометрического и химического состава горизонтов. Стало быть, это – виртуальный критический размер частиц.

Значит, если содержание кремнезема наблюдаемого горизонта сходно с количеством оксида во фракции тонкой пыли, то в нем еще есть глинистые минералы. Это, в свою очередь, означает, что здесь происходят интенсивные изменения состава, и горизонт находится на стадии саморазвития, что следует поставить в соответствие с подзолистым макропроцессом по Роде. И наоборот, если горизонт сходен по химическому составу с фракциями средней пыли и более крупных частиц – его изменения неинтенсивны и их следует рассматривать как эпиподзолистые.

*Химические признаки стадий эволюции.* Действительным фактором дифференциации является содержание низкокремнистых глинистых минералов. В табл. 3 химический состав почвы в целом сопоставлен с составами гранулометрических фракций. Поскольку крупнопылеватая фракция является модальной и последовательно увеличивающейся вверх по профилю с максимумом в наиболее оподзоленном горизонте, ее химический состав характеризует наиболее устойчивую часть твердой фазы и соответственно предельные количества оксида, накапливающегося в подзолистом процессе.

**Таблица 3.** Химический состав дерново-подзолистой почвы (данные Фридланда и др., 1986) и гранулометрических фракций (средние значения по данным табл. 1)

| Горизонт, фракция | Глубина, см | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO | K <sub>2</sub> O |
|-------------------|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|------------------|
| A1                | 3-12        | 82,4             | 8,9                            | 2,2                            | 0,79 | 0,8 | 2,3              |
| A2 <sub>1</sub>   | 12-20       | 82,4             | 8,7                            | 2,5                            | 0,72 | 0,7 | 2,2              |
| A2 <sub>2</sub>   | 20-30       | 83,8             | 8                              | 2,2                            | 0,73 | 0,6 | 1,7              |
| A2/B              | 30-45       | 78,4             | 11,1                           | 4,1                            | 0,72 | 1   | 2,4              |
|                   | 45-50       | 77,4             | 12                             | 4,3                            | 0,74 | 1   | 2,5              |
| B/A2              | 50-60       | 76,9             | 11,9                           | 4,6                            | 0,74 | 1,1 | 2,3              |
|                   | 60-69       | 76,4             | 12,4                           | 4,7                            | 0,73 | 1,1 | 2,4              |
| B1t               | 69-80       | 76,7             | 12,5                           | 4,4                            | 0,74 | 1   | 2,4              |
|                   | 90-100      | 76,3             | 12,8                           | 4,5                            | 0,79 | 1,1 | 2,2              |
| B2tg              | 100-110     | 76,1             | 12,5                           | 5                              | 0,76 | 1   | 2,5              |
| Ил                |             | 56               | 25                             | 5                              | 1,1  | 1,3 | 2,7              |
| Тонкая пыль       |             | 76               | 11,9                           | 3,9                            | 0,8  | 0,9 | 3                |
| Средняя пыль      |             | 82               | 9,4                            | 2                              | 0,7  | 0,8 | 2,5              |
| Крупная пыль      |             | 85               | 7                              | 1,5                            | 1    | 0,5 | 2,2              |
| Мелкий песок      |             | 87,6             | 5,9                            | 1,3                            | 0,7  | 0,4 | 1,9              |

В табл. 4 представлены результаты «сканирования» уровня сходства химического состава почвы и основных гранулометрических фракций дерново-подзолистой почвы Подмосковья. Первый вывод вытекает из различного уровня сходства для оподзоленных и иллювиальных горизонтов профиля почвы.

Стадия онтогенеза почвы по химическому составу должна быть описана в соответствии со структурой профиля, т.е., по крайней мере, по признакам двух групп горизонтов. Химический состав иллювиальной части почвы и породы близок (сходство более 80 %) тонкопылеватому веществу (разр. 100). Элювиальные горизонты по своему химическому составу соответствуют при том же уровне сходства химическому составу средней пыли. Соответственно их вещество находится на стадии эпиподзолистых изменений.

Поскольку во фракциях пылеватых и песчаных частиц глинистых минералов очень мало, дальнейшие трансформации химического состава горизонтов оподзоленной части профиля при размерности частиц крупнее среднепылеватых ограничены слабыми изменениями устойчивых кварца и полевых шпатов. После того, как основная часть глинистых минералов

**Таблица 4.** Уровни сходства (%) химического состава дерново-подзолистых почв и granulometric фракций

| Горизонт  | Глубина,<br>см | Фракция |                |                 |                 |                 |
|---|----------------|---------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|   |                | ил      | тонкая<br>пыль | средняя<br>пыль | крупная<br>пыль | мелкий<br>песок |
| Дерново-подзолистая суглинистая, Протва, разр. 100. По данным Фридланда и др., 1986           |                |         |                |                 |                 |                 |
| A1  | 3–12           | 31      | 66             | 95              | 81              | 70              |
| A2 <sub>1</sub>   | 12–20          | 31      | 65             | 94              | 81              | 70              |
| A2 <sub>2</sub>   | 20–30          | 30      | 61             | 86              | 89              | 76              |
| A2/B  | 30–45          | 34      | 82             | 76              | 63              | 56              |
|   | 45–50          | 35      | 85             | 71              | 60              | 54              |
| B/A2  | 50–60          | 36      | 87             | 69              | 59              | 53              |
|   | 60–69          | 36      | 87             | 67              | 57              | 51              |
| B1t   | 69–80          | 36      | 87             | 68              | 58              | 52              |
|   | 90–100         | 36      | 86             | 67              | 56              | 51              |
| B2tg  | 100–110        | 36      | 86             | 66              | 56              | 51              |
| Дерново-подзолистая пестроцветная. Предуралье, разр. 21. По данным Добровольского и др., 1992 |                |         |                |                 |                 |                 |
| A1 <sub>1</sub>   | 3–5            | 42,0    | 69             | 52              | 46              | 44              |
| A1 <sub>2</sub>   | 5–18           | 40      | 74             | 55              | 48              | 46              |
| A2  | 18–26          | 37,0    | 88             | 65              | 56              | 53              |
| A2B1  | 26–37          | 41      | 71             | 54              | 47              | 45              |
| B1  | 37–60          | 46,0    | 56             | 45              | 40              | 38              |
| B2 <sub>1</sub>   | 60–80          | 50      | 53             | 42              | 38              | 37              |
| B2 <sub>2</sub>   | 80–95          | 47,0    | 56             | 44              | 40              | 38              |
|   | 95–108         | 47      | 54             | 44              | 39              | 38              |
| B3  | 108–120        | 49,0    | 54             | 43              | 39              | 37              |
| B3Д1  | 120–140        | 47      | 55             | 44              | 40              | 38              |

породы разрушена, увеличивается значимость процессов диспергации песчано-пылеватых частиц. Соответствующие горизонты тем самым завершили стадию саморазвития и находятся в окрестностях бифуркации или изменяются по другим каналам эволюции.

*Стадии онтогенеза дерново-подзолистых почв на других типах почвообразующих пород.* Определены значения сходства химического состава почвы на ленточной глине с составом фракций. Химический состав иллювиального горизонта близок составу илистой фракции, состав подзолистого горизонта – сходен с составом тонкой пыли. Весь профиль находится на ранних стадиях саморазвития. При большем количестве илистого

вещества химический состав подзолистого горизонта дерново-подзолистой почвы Пермской области на глинах (разр. 21) также имеет максимальный уровень сходства с составом тонкой пыли.

Близкие соотношения химического состава почвы в целом и фракций установлены и в глубоко оподзоленной почве на глинистых склоновых отложениях низкогорий Алтая по материалам Р.В. Ковалева и др. (1973).

Три последние из рассмотренные почвы имеют признаки ранних собственно подзолистых изменений. Их фундаментальные и определяющие компоненты еще находятся на стадии саморазвития.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлен высокий (85–95%) уровень сходства химического состава горизонтов почвы с составами фракций тонкой или средней пыли. Однако, это виртуальное сходство. Виртуальный характер связи химического состава горизонта и фракций тонкой или средней пыли вытекает из немодалного статуса фракций. Действительным фактором распределения кремнезема является количества модальных фракций: илистой и крупной пыли, поскольку они являются крайними по его содержанию. Количество кремнезема по профилю почвы представляет собой распределение средневзвешенных его содержаний в указанных фракциях.

Тем не менее, сходство с одной из этих фракций – надежный количественный признак стадии дифференциации твердой фазы. Если содержание кремнезема подзолистого горизонта сходно с количеством оксида в частицах фракции тонкой пыли, значит, в нем еще имеются значительные количества илстых частиц, представленных глинистыми минералами, и почва находится на эподзолистой стадии подзолистого макропроцесса. Низкая устойчивость этих минералов к кислотной агрессии в горизонте обуславливают интенсивные изменения минералогического и химического состава. Это соответствует понятию подзолистого макропроцесса по Роде, т.е. стадии саморазвития.

И наоборот, если горизонт сходен по химическому составу с фракциями средней пыли и более крупных частиц, то в нем происходят неинтенсивные изменения химического состава, так как остаточная минеральная часть представлена наиболее устойчивыми к кислотной агрессии каркасными минералами: кварцем и ортоклазом.

Тем самым найден простой количественный способ доказательного определения стадии эволюции.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Беркгаут В.В.* Особенности химико-минералогического состава подзолистых текстурно-дифференцированных почв на однородных и двучленных отложениях Восточно-Европейской равнины. Дис. ... к. геогр. н. М., 1991. 24 с.

*Верба М.П.* Внутригоризонтное выветривание в разных типах почв таежной зоны ЕТС: Автореф. дис. ... к. геогр. н. М., 1987. 23 с.

*Градусов Б.П.* Глинистые минералы в почвах на разных почвообразующих породах: Автореф. дис. ... к. б. н. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. 1963. 23 с.

*Градусов Б.П.* Глинистые минералы основных типов почв земледельческих областей СССР (состав, генезис, преобразования). Дис. ... д. с.-х. н. М., 1980. 45 с.

*Добровольский Г.В., Светлова Е.И., Соколова Т.А., Урусевская И.С.* Морфогенетические особенности дерново-подзолистых пестроцетных почв Предуралья // Почвоведение. 1992. № 5. С. 5–15.

*Иванов Д.Ю.* Гетерогенность минералогического и химического состава илистого вещества суглинистых дифференцированных почв Нечерноземья. Дис. ... к. с.-х. н. М., 1990. 23 с.

*Иенни Г.* Факторы почвообразования. М.: Изд-во ин. лит-ры, 1948. 347 с.

*Полынов Б.Б.* Избр. тр. М.: Изд-во АН СССР. 1956, 748 с.

Почвы Горно-Алтайской автономной области./ Под ред. Р.В. Ковалева. Новосибирск: Наука, 1973. 351 с.

*Роде А.А.* Почвообразовательный процесс и эволюция почв. Государственное издательство географической литературы. М.: Изд-во геогр. лит-ры. 1947. 141 с.

*Роде А.А.* Система методов исследования в почвоведении. Новосибирск: АН СССР. 1971. 92 с.

*Соколов И.А., Таргульян В.О.* Взаимодействие почвы и среды: почва-память, почва-момент // Изучение и освоение природной среды. М.: Изд-во АН СССР, 1976. С. 150–165.

*Таргульян В.О. и др.* Организация, состав и генезис дерново-палево-подзолистой почвы на покровных суглинках. X Международный конгресс почвоведов. М., 1974. 108 с.

*Тонконогов В.Д. и др.* К дифференциации минералогического и химического состава дерново-подзолистых и подзолистых почв // Почвоведение. 1987. № 3. С. 68–81.

*Фридланд В.М. и др.* Опыт послонного анализа валового состава гранулометрических фракций дерново-подзолистой почвы // Науч. тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. М., 1986. С. 8–14.

*Яковлева О. А.* Подвижность и химико-минералогический состав тонкодисперсного вещества дерново-подзолистых оглеенных почв на покровных суглинках. Дис. ... к. геогр. н. М., 1993. 133 с.