

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АГРОФИЗИЧЕСКИХ, МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА, ОТРАЖАЮЩИХ СТЕПЕНЬ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА ЛЕССОВИДНЫХ И МОРЕННЫХ СУГЛИНКАХ К ЭРОЗИОННОЙ ДЕГРАДАЦИИ**

**А.Ф. Черныш, В.Т. Сергеенко, В.Б. Цырибко**

*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Внесение в почву минеральных и органических удобрений, внедрение новых сортов сельскохозяйственных культур, применение интенсивных технологий их возделывания значительно повысили урожайность зерновых и пропашных культур. Однако эти мероприятия не решили проблему повышения плодородия почв. Многочисленные литературные данные и практика землепользования свидетельствуют о том, что урожай во многом лимитируется физическими свойствами почв. Особенно это касается почв, подверженных эрозионным процессам, где создаются неблагоприятные условия для произрастания растений, которые выражаются в повышении плотности, ухудшении пористости аэрации, формировании недостатка или избытка влаги. Исследованиями установлено, что с одного гектара водосборной площади пахотных земель ежегодно с поверхностным стоком смывается 150–180 кг гумусовых веществ, теряется до 10 кг азота, 4–5 кг фосфора и калия, 5–6 кг кальция и магния [1]. Потери почвенного мелкозема, гумуса, элементов питания приводят к ухудшению агрохимических, биологических и агрофизических свойств эродированных почв и снижают производительную способность.

Основной физической характеристикой, которая сильно влияет на поглощение влаги, развитие корневой системы растений, газообмен, интенсивность биологических процессов, перенос тепла по почвенному профилю является плотность почв. С плотностью тесно связаны и другие агрофизические характеристики почв. Целесообразность изучения агрофизических свойств почв в современных условиях возросла с необходимостью получения высоких и устойчивых урожаев, расширенного воспроизводства почвенного плодородия, защиты почв от эрозии, разработки более совершенных приемов обработки почв.

Получение объективных данных, отражающих степень устойчивости почв к эрозионной деградации с целью планирования возможной интенсивности их сельскохозяйственного использования, представляется важной задачей.

Сравнительная оценка дерново-подзолистых почв, развивающихся на лесовидных и моренных суглинках, помимо агрофизических свойств, проводилась

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

по микроморфологическим признакам и минералогическому составу почвенного поглощающего комплекса.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований явились дерново-подзолистые суглинистые почвы, развивающиеся на лессовидных и моренных почвообразующихся породах, подверженные различной степени эрозионной деградации и представляющие собой единые в геоморфологическом отношении почвенно-эрозионные катены. На водораздельной равнине расположена незэродированная почва, в верхней части склона – слабо- и среднезэродированная, в средней части – сильно- и очень сильнозэродированная.

Закладка почвенных разрезов и отбор образцов проводились на двух опытных стационарах «Межаны» в Браславском районе и «Стоковые площадки» в Минском районе, а также в процессе проведения маршрутных исследований в Лепельском, Толочинском районах Витебской области и в Держинском, Логойском районах Минской области.

Определение аналитических показателей исследуемых почв, позволяющих оценить их устойчивость к эрозионной деградации, проводилось общепринятыми методами:

1. гранулометрический состав – по Н.А. Качинскому;
2. агрегатный и структурно-агрегатный составы почвенной структуры – по методу Н.И. Савинова;
3. плотность почвы – методом «режущих колец»;
4. общая пористость – расчетным методом по формуле:

$$v = \frac{d - P}{d} \times 100 \text{ (\% от объема почвы),}$$

где  $v$  – пористость,  $P$  – плотность,  $d$  – плотность твердой фазы;

5. плотность твердой фазы – пикнометрическим методом;

6. степень насыщенности почвы водой (СНВ) – по формуле:

$$СНВ = w / v,$$

где  $w$  – влажность, %;  $v$  – пористость;

7. полная влагоемкость (водовместимость) почвы (ПВ) – по формуле:

$$ПВ = v / P;$$

8. максимальная гигроскопическая влажность – по методу А.В. Николаева;

9. коэффициент гранулометрического состава – по отношению содержания песка к сумме песка и глины;

10. коэффициент водоустойчивости – по формуле:

Количество агрегатов > 0,25 мм при мокром просеивании  
 Количество агрегатов > 0,25 мм при сухом просеивании;

11. коэффициент дисперсности (Кд) – по отношению содержание фракции меньше 0,001 мм при микроагрегатом анализе к содержанию фракции меньше 0,001 мм при определении гранулометрического состава;

12. коэффициент структурности (Кстр.) – как процентное отношение содержания фракции меньше 0,001 мм к фракции больше 0,001 мм;

13. показатель противозерозионной стойкости (ППС) –  $ППС = Кстр. / Кд$ ;

14. минералогический состав почвенно-поглощающего комплекса – рентген-дифрактометрически.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Одной из особенностей дерново-подзолистых эродированных почв, развивающихся на разных почвообразующих породах, является дифференциация профиля как по распределению илистых частиц, так и полуторных оксидов. В конечном итоге это оказывает влияние на физические, водные, физико-химические и другие свойства почв. Подзолистый горизонт наблюдается только в незероированных почвах. По мере увеличения степени эродированности почв гумусовый горизонт уменьшается либо полностью исчезает. В процессе вспашки пахотный слой формируется за счет иллювиальных горизонтов, почвообразующей и даже подстилающей породы. В этом случае свойства пахотных горизонтов эродированных почв наследуются от нижележащих горизонтов.

Сравнительная оценка агрофизических свойств исследуемых почв представлена плотностью, общей пористостью, пористостью аэрации, максимальной гигроскопичностью, полевой влагоемкостью, коэффициентами грансостава и структурности, показателем противозерозионной стойкости (табл. 1).

*Таблица 1*

#### **Агрофизические свойства пахотного слоя дерново-подзолистых почв на лессовидных и моренных суглинках (среднее по 6 разрезам)**

Показатель	Степень эродированности				
	нет	слабая	средняя	сильная	очень сильная
<b>на лессовидных суглинках</b>					
Плотность, кг*м <sup>-3</sup>	1,15	1,30	1,35	1,48	1,59
Общая пористость, %	54,9	49	47,6	43	39,5
Пористость аэрации, %	34,0	30,5	28,5	25,8	20,7
Максимальная гигроскопичность, %	2,69	2,38	2,45	3,60	2,94

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Окончание табл. 1

Показатель	Степень эродированности				
	нет	слабая	средняя	сильная	очень сильная
Полная влагоемкость, %	47,7	37,1	35,2	29	24,8
Степень насыщенности водой, %	32,9	28,5	29,6	26,9	29,8
Коэффициент грансостава	0,25	0,38	0,30	0,21	0,17
Коэффициент водоустойчивости	1,5	1,8	2,0	3,5	3,6
Коэффициент структурности	9,3	8,9	13,4	21,8	21,9
Коэффициент дисперсности	10,5	11,0	14,7	10,2	8,8
Показатель противозэрозийной устойчивости	0,8	0,8	0,9	2,1	2,4
<b>на моренных суглинках</b>					
Плотность, кг*м <sup>-3</sup>	1,37	1,38	1,53	1,57	1,57
Общая пористость, %	47,9	48,1	42,6	41,8	39,5
Пористость аэрации, %	35,1	36,0	23,6	24,8	24,8
Максимальная гигроскопичность, %	2,50	2,53	2,93	3,29	4,47
Полная влагоемкость, %	34,9	34,8	27,8	26,6	26,7
Степень насыщенности водой, %	19,4	18,0	29,1	25,8	25,9
Коэффициент грансостава	2,15	2,03	1,66	1,26	1,25
Коэффициент водоустойчивости	3,4	3,3	3,2	3,9	3,8
Коэффициент структурности	8,5	13,9	15,4	27,0	26,8
Коэффициент дисперсности	13,2	9,3	10,4	9,9	8,6
Показатель противозэрозийной устойчивости	0,6	1,4	1,5	2,7	3,1

Наиболее важный показатель агрофизических свойств почв – плотность.

Плотность оказывает непосредственное влияние на фильтрационные свойства почв, их плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур. Каждая почва имеет только ей присущую плотность, объективно отражающую сложение в период достижения равновесного состояния [3]. Именно равновесную плотность дерново-подзолистых эродированных почв определяли авторы в период

уборки сельскохозяйственных культур, когда исключается влияние на нее обработки.

Приведенные в таблице 1 данные свидетельствуют, что плотность почв и зависящие от нее другие агрофизические свойства обусловлены генезисом почвообразующих пород и степенью проявления эрозионных процессов.

Выполненные исследования в лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии, а также литературные данные подтверждают, что на всех разновидностях почв существует тесная связь между их плотностью и урожаем сельскохозяйственных культур. Результаты исследований, полученные на опытных стационарах лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии, свидетельствуют, что для пропашных культур, возделываемых на суглинистых почвах, оптимальная плотность составляет 1,0–1,2 г/см<sup>3</sup>, а для зерновых – 1,1–1,3 г/см<sup>3</sup>.

При сравнении фракций гранулометрического состава дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках, следует отметить их значительные различия. Так почвы, развивающиеся на лессовидных суглинках, содержат в пахотном горизонте 12–19% фракций крупного, среднего и мелкого песка. В то же время содержание крупной пыли, которая легко вымывается из почвы, составляет 56–67%. Тем самым подтверждается вывод о том, что дерново-подзолистые почвы на лессовидных суглинках более предрасположены к водно-эрозионным процессам.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что дерново-подзолистые почвы, развивающиеся на лессовидных суглинках, характеризуются низким значением К гранулометрического состава и с увеличением степени эродированности наблюдается уменьшение величины этого коэффициента. При этом наиболее низкие его значения характерны для сильно- и очень сильноэродированных почв.

Почвы на моренных суглинках содержат 2–3% крупнозема, суммарное содержание фракций крупного, среднего и мелкого песка достигает 55–60%. Фракции мелкого песка составляют 38–42% и крупной пыли – 17–21%. Это соотношение фракций создает благоприятные условия для поглощения осадков. Почвы, сформированные на моренных суглинках, имеют более высокие значения коэффициента гранулометрического состава – от 2,15 до 1,26. Наблюдается уменьшение этого коэффициента с увеличением степени эродированности.

При оценке противоэрозионной устойчивости почв по данным гранулометрического состава следует отметить, что значения рассчитанного коэффициента выше для почв, развивающихся на моренных суглинках, чем для дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках, что подтверждает их меньшую податливость к эрозии.

Показателем, характеризующим противоэрозионную устойчивость, является также содержание полуторных оксидов железа и алюминия, чем больше их содержание в почвах, тем они менее водопроницаемы и больше подвержены эрозии. Для лессовидных суглинков суммарное содержание оксидов алюминия и железа в 1,2–1,3 раза выше, чем для моренных суглинков [4].

Таким образом, состояние агрофизических свойств исследуемых почв во многом определяет их устойчивость к эрозионным процессам. Наиболее важным

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

---

из этих свойств является плотность, которая обуславливает влагоемкость, водопроницаемость, структурность и другие характеристики почв.

Микроморфологические исследования предусматривают определение количественных характеристик микростроения почв, отражающих размеры пор, агрегатов, минеральных зерен и др. Именно эти показатели могут в значительной степени отражать фильтрационные свойства почв и, следовательно, устойчивость их к водно-эрозионным процессам. Микроморфологическое строение, наблюдаемое при разном увеличении в тонких шлифах под микроскопом, в значительной степени повторяет картину их макростроения. Вместе с тем при выполнении микроморфологических исследований вскрываются и некоторые специфические особенности почвы, невидимые невооруженным глазом. Еще в 1970 г. W.L. Kubiena отмечал, что почвы с разным генезисом имеют свое собственное микростроение [5].

Проведенные микроморфологические исследования на примере 2 типичных почвенных разрезов дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках, позволили установить различия в упаковке дисперсного материала в каркасе основы исследуемых почв. Установлено, что расположение зерен в каркасе почв, развивающихся на лессовидных суглинках, имеет кубическую упаковку, при такой упаковке зерна каркаса располагаются послойно, а при попадании влаги между слоями они легко отделяются друг от друга. Одновременно, как показали микроморфологические исследования, происходит закупорка пор плазмой (глинистой массой). В результате вертикальное проникновение воды (фильтрация) затруднено. Немаловажную роль играет хорошая окатанность крупных зерен, что способствует их легкому отрыву от основной массы. Покрытые плазмой крупные зерна при соприкосновении с водой набухают и выносятся с поверхностным или внутрпочвенным стоком. Проведенные исследования также показали, что почвы, сформированные на моренных суглинках, имеют расположение зерен в каркасе основы – гексогональную упаковку. При такой упаковке микрочастицы прочно удерживаются в общей массе при соприкосновении с водой. Вода проникает вертикально в почву по ходам отмерших корней растений, трещинам, пустотам. Неокатанность крупных зерен каркаса прочно удерживает их в общей массе.

Таким образом, на основании микроморфологических исследований подтверждается вывод о том, что почвы, сформированные на моренных почвообразующих породах, характеризуются большей устойчивостью к водно-эрозионным процессам.

Минералогический состав почвенно-поглощающего комплекса дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках, определялся рентген-дифрактометрическим методом с использованием ориентированных препаратов, исключающих сегрегацию илстых частиц [6]. Целесообразность таких исследований обусловлена тем, что глинистые минералы почвенного поглощающего комплекса непосредственно влияют на физико-химические свойства почв, являются основным закрепителем гумусовых веществ. Гумусовые вещества и глинистые минералы формируют органо-минеральные соединения и тем самым создают водопрочные структуры. [7].

Минералогический состав почвенного поглощающего комплекса пахотного слоя дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и

моренных суглинках, разной степени эродированности представлен глинистыми минералами: гидрослюдой, вермикулитом, каолинитом и почвенным хлоритом. Качественный минералогический состав исследуемых почв одинаков, но различается по количественному содержанию компонентов (табл. 2).

Таблица 2

**Минералогический состав почвенно-поглощающего комплекса пахотного слоя дерново-подзолистых почв на лессовидных и моренных суглинках**

Степень эродированности	Содержание глинистых минералов, %				Отношение каолинита к хлориту	Отношение вермикулита к гидрослюде
	гидрослюда	вермиклит	каолинит	почвенный хлорит		
<b>на лессовидных суглинках</b>						
Неэродированная	43	37	17	3	5,6	0,8
Слабоэродированная	58	23	14	5	2,8	0,3
Среднеэродированная	67	19	10	4	2,5	0,2
Сильноэродированная	67	18	10	5	2,0	0,2
Очень сильноэродированная	68	17	10	5	2,0	0,2
<b>на моренных суглинках</b>						
Неэродированная	55	24	16	5	3,2	0,4
Слабоэродированная	76	12	9	3	3,0	0,1
Среднеэродированная	78	11	8	3	2,6	0,1
Сильноэродированная	81	10	6	3	2,0	0,1
Очень сильноэродированная	82	9	6	3	2,0	0,1

Как видно из данных, приведенных в таблице 2, преобладающим компонентом является гидрослюда и наибольшее ее количество содержится в сильно- и очень сильноэродированных почвах. Содержание в почвах гидрослюды оказывает существенное влияние на их водно-физические свойства. Поглотительная способность почв, фильтрация воды через почву, содержание связанной воды определяются количеством гидрослюд и степенью их дисперсности. Гидрослюды относятся к минералам с нерасширяющейся решеткой и отличаются низкой набухаемостью [8]. Вермикулита содержится значительно меньше гидрослюд, заряд элементарной ячейки меньше, чем у гидрослюды, но для него характерна

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

высокая удельная поверхность и набухаемость, а это значит, что этот минерал препятствует водопроницаемости. Приведенные данные свидетельствуют, что вермикулита содержится значительно больше в почвах, развивающихся на лессовидных суглинках. Каолинит встречается в небольших количествах. Он не набухает вследствие прочных водородных связей между пакетами. Удельная поверхность его невелика и находится в пределах 5–20 м<sup>2</sup>/г. Емкость катионного обмена не превышает 10 мг экв./100 г. Почва, содержащая каолинит, обладает благоприятными физическими свойствами – хорошей водопрочностью и небольшой липкостью. Почвенный хлорит как новообразованный минерал практически не набухает и имеет небольшую емкость катионного обмена. Отношение вермикулитового компонента к гидрослюдистому в величинах коэффициента «лабилизации» отражает процесс прогрессивной трансформации гидрослюд от очень сильноэродированных почв к незэродированным. Величина отношения каолинита почвенно-поглащающего комплекса к почвенному хлориту также является диагностическим параметром в оценке степени эродированности дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках. Ранее установлены пределы этих соотношений: для незэродированных почв он выше 3,2; слабоэродированных – 2,7–3,1; среднеэродированных – 2,1–2,6; сильно- и очень сильноэродированных – 2,0 и меньше.

Таким образом, данные о минералогическом составе почв позволяют объективно судить об их устойчивости к эрозионным процессам.

### ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Дерново-подзолистые почвы, развивающиеся на лессовидных и моренных суглинках, значительно различаются агрофизическими свойствами, при этом наиболее рельефно различие просматривается на почвах, подверженных разной степени эрозии.

Установлено, что микроморфологические особенности и минералогический состав почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках, могут быть объективными критериями при определении их устойчивости к водно-эрозионным процессам. Сравнительный анализ этих почвенных характеристик убедительно показывает, что почвы на лессовидных породах менее устойчивы к эрозионной деградации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование противозэрозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтах зонах Беларуси: реком. / под общ. ред. А.Ф. Черныша. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2005. – 52 с.
2. Ревут, И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. – Л.: Колос, 1964. – 319 с.
3. Дубовик, А.Э. Противозэрозионная устойчивость дерново-подзолистых почв Беларуси на различных почвообразующих породах и приемы ее регулирования: дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.03 / А.Э. Дубовик. – Минск, 2006. – 145 с.

4. Лисица, В.Д. Микроморфологические особенности дерново-подзолистых почв, развивающихся на моренных и лессовидных суглинках северной части Белоруссии / В.Д. Лисица, В.С. Болдышев // Почвоведение и агрохимия. – 1973. – № 10. – С. 15–24.

5. Kubiena, W.L. Micromorphological features of soil geography / W.L. Kubiena. – Univ. Press, New Brunswick, New Jersey, 1970.

6. Сергеенко, В.Т. Минералогический количественный состав и свойства илистой части основных типов почв Белорусии: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.03 / В.Т. Сергеенко. – Минск, 1984. – 19 с.

7. Хан, Д.В. Процессы взаимодействия гумусовых веществ с минеральной частью почвы и значение их в формировании почвенной структуры: автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / Д.В. Хан. – Минск, 1963. – 40 с.

8. Горбунов, Н.И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения / Н.И. Горбунов. – М.: АН СССР, 1963. – 302 с.

## **COMPARATIVE ASSESSMENT OF AGROPHYSICAL, MICROMORPHOLOGICAL PROPERTIES AND MINERALOGICAL STRUCTURE, REFLECTING THE DEGREE OF RESISTANCE TO EROSION DEGRADATION OF SOD-PODZOLIC SOILS ON LOESSLIKE AND MORAIN LOAMS**

**A.F. Chernysh, V.T. Sergeenko, V.B. Tsyribko**

### **Summary**

The dependence of resistance to erosion degradation of sod-podzolic soils formed on the loesslike and moraine loams on the structure of their agrophysical, micromorphological properties is analyzed in the paper.

*Поступила 15.05.14*

УДК 631.4

## **БАНК ДАННЫХ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ БЕЛАРУСИ: СОЗДАНИЕ И СТРУКТУРА**

**В.Б. Цырибко, А.М. Устинова**

*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы оценка физического состояния почв приобретает особое значение как в научных исследованиях, так и в практике сельскохозяйственного