

УДК 551.1.05 + 632.11

ИЗМЕНЕНИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ  
ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ  
ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

А.И. БЕЛЛЮБЦЕВ

(Кафедра метеорологии и климатологии)

Современные колебания и изменения климата территории Центрального Черноземья обостряют экологические проблемы агроландшафтов, расположенных на склоновых землях южных экспозиций: повышается плотность сложения и твердость почвы, снижается пористость и структурное состояние, ослабляется водопрочность агрегатов.

**Ключевые слова:** изменения климата, агроландшафты, агрофизические свойства, деградация почв, агротехнические приемы, минимализация.

Непосредственной причиной ускоренного развития деградационных процессов на склоновых землях было использование для их освоения обычных сельскохозяйственных технологий, механически перенесенных с равнинных территорий [5]. Стратегические ошибки, допущенные при использовании таких земель, зеркальным образом отразились на их экологическом состоянии.

Усиление темпов и расширение антропогенной деградации почв сопровождается истощением их питательными веществами, негативным изменением свойств, режимов, экологических функций, снижением продуктивности и, наконец, физическим разрушением [1, 10].

Осуществление агроэкологической оценки дерново-подзолистых почв склонов южных экспозиций, подверженных интенсивной антропогенной нагрузке, представляет собой непростую задачу. Такие локально-нарушенные экосистемы находятся под наиболее активным воздействием и природных факторов, где их влия-

ние на основные показатели плодородия почвенного покрова необходимо строго учитывать. Еще более осложняет эту оценку резкое усиление в последние годы прямого воздействия гидротермических условий на агроландшафтные комплексы вследствие глобальных климатических изменений [11].

Условия и методика проведения

Исследования выполнены в 1981—2005 гг. в стационарном полевом опыте М-01-18-ОП, который был заложен осенью 1980 г. в Московской обл.

История ведения опыта включает два периода. В первый период (1980—1989 гг.) на двух смежных склонах южной экспозиции развернут трехфакторный опыт. Во второй (с 1990 г. и до настоящего времени) с учетом дальнейшего совершенствования систем земледелия, комплексного изучения принципов разноглубинности, минимализации, почвозащитной целесообразности и экологической адап-

Схема двухфакторного опыта 6x2

А. Обработка почвы	В. Склон
1. Вспашка на глубину 20–22 см, поперёк склона (контроль) 2. Вспашка + щелевание на 40–50 см и нарезанием щелей через 7–8 м 3. Плоскорезная на 18–20 см + щелевание через 1,4 м 4. Плоскорезная + чизелевание на 38–40 см 5. Поверхностная на 6–8 см + щелевание через 3–4 м 6. Поверхностная	1. 8° 2. 4°

тивности приемов обработки почвы, построения на этой основе принципиально новых ландшафтных систем земледелия для эрозионно-опасных территорий полевой опыт был модернизирован.

На опытном участке развёрнут пятипольный почвозащитный зерно-травяной севооборот во времени: 1 — овёс; 2 — ячмень с подсевом многолетних трав; 3 — многолетние травы 1-го года пользования; 4 — многолетние травы 2-го года пользования; 5 — озимая пшеница.

Предпосевная обработка почвы под возделываемые культуры, за исключением многолетних трав, включает дискование (БДТ-3) и обработку РВК-3,6 на глубину заделки семян. Основные обработки применяли дифференцированно. Нарезание щелей (ЩН-2-140) по вспашке и поверхностной обработке (зябь) проводили в позднеосенний период при устойчивом промерзании почвы на глубину 3–5 см, при возделывании озимой пшеницы — перед посевом культуры; многолетних трав — в осенний период до промерзания почвы. В вариантах, включающих плоскорезную обработку в сочетании со щелеванием и чизелеванием, основную обработку проводили в обычные сроки комбинированным агрегатом П111Н-2.5. Для усиления почвозащитной эффективности поверхностной обработки после первого укоса многолетних трав 2-го года пользования (один раз в ротацию севооборота) применяли чизелевание на глубину 38–40 см плугом ПЧ-4,5М.

Все обработки и посев осуществляли поперёк склона (стока).

Размещение вариантов в первый период проведения исследований рендомизированное, во второй — методом организованных повторений. Повторность 3-кратная, число вариантов — 6, делянок — 36.

Площадь делянок I порядка общая 11,5x240 (2760 м<sup>2</sup>), учётная — 4,2x240 (1008 м<sup>2</sup>); II порядка — общая 11,5x120 (1380 м<sup>2</sup>), учётная — 4,2x120 (504 м<sup>2</sup>). Учётная площадь стоковых площадок 10x120 (1200 м<sup>2</sup>). Для изучения внутрисочвенного горизонтального стока заложены стационарные водно-балансовые площадки 10x20 м. Общая площадь опыта 6 га.

### Результаты и их обсуждение

В повышении культуры земледелия на склоновых землях значительная роль принадлежит агрофизике почв, изучающей совокупность физических свойств и всех физических процессов и режимов, протекающих в почве, и обеспечивающей направленное их регулирование. Эти показатели служат научным обоснованием для необходимости применения противоэрозионных агротехнических мероприятий на эрозионно-опасных территориях.

Сложение почвы характеризуется величиной объемной массы, от которой зависят основные физические свойства и режимы плодородия склоновых систем (водный, воздушный, тепловой и пищевой), а в итоге экологическая и производительная их

устойчивость. Важным фактором для обеспечения этой устойчивости служит оптимальная плотность сложения. Наиболее благоприятные условия для большинства культурных растений создаются при средней плотности пахотного слоя 1,10—1,30 г/см<sup>3</sup> [6]. Такие же ее значения обеспечивают наилучшие условия для водопоглощения талых вод и процессов регулирования водного режима.

Как показывают длительные исследования, общая динамика средней плотности эродированной почвы по пятилетним ротациям зернотравяного севооборота складывается отрицательной (табл. 1). Наиболее заметное повышение плотности сложения отмечается с 1990 г. и особенно за четвертую ротацию севооборота. Ее величина в зависимости от изучаемых вариантов находилась в пределах 1,36-1,63 г/см<sup>3</sup>, достигая по отдельным слоям почвы 1,75 г/см<sup>3</sup> (20-40 см). Даже в последнюю ротацию, когда согласно полученным данным, установлено некоторое улучшение этого показателя, общая тенденция в целом не изменилась, так как эта ротация из-за

гибели многолетних трав была неполной. При возделывании именно этой культуры отмечается самое высокое уплотнение почвы. Поэтому делать выводы об общих позитивных изменениях плотности сложения почвенных горизонтов следует осторожно.

Причины повышения плотности эродированной почвы многообразны и достаточно сложны. По нашему мнению, главные из них кроются в глобальном изменении природно-климатических характеристик последних лет. В условиях теплых неустойчивых зим из-за переувлажнения вследствие многочисленных оттепелей и высокой степени цементации почвы льдом не происходит активного ее пучения. В результате нарушения процессов зимнего разуплотнения почва не достигает равновесного состояния. Подобная обстановка, причем наиболее выражено, складывается в годы при отсутствии или неглубоком (до 15 см) промерзании пахотного горизонта (в 1989, 1990, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2004 гг.). Эти наблюдения подтверждают специальные лабораторные и полевые исследования [3].

Т а б л и ц а 1

**Действие противозерозионных обработок на плотность сложения почвы, слой 0-40 см, г/см<sup>3</sup>**

Вариант обработки	Ротация севооборота, по годам				
	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005
<i>Склон крутизной 8°</i>					
Вспашка	1,44	1,45	1,48	1,52	1,50
Вспашка + щелевание	1,43	1,44	1,49	1,52	1,48
Плоскорезная + щелевание	–	–	1,47	1,53	1,48
Плоскорезная + чизелевание	–	–	1,46	1,53	1,48
Поверхностная + щелевание	–	–	1,48	1,53	1,47
Поверхностная	1,45	1,46	1,45	1,51	1,49
<i>Склон крутизной 4°</i>					
Вспашка	1,42	1,44	1,49	1,49	1,45
Вспашка + щелевание	1,41	1,43	1,48	1,50	1,43
Плоскорезная + щелевание	–	–	1,48	1,52	1,43
Плоскорезная + чизелевание	–	–	1,47	1,52	1,43
Поверхностная + щелевание	–	–	1,44	1,50	1,43
Поверхностная	1,43	1,44	1,42	1,47	1,45
НСР <sub>05</sub> фактор А	<u>0,04</u>	<u>0,02</u>	<u>0,02</u>	<u>0,01</u>	<u>0,02</u>
В	0,05	0,03	0,03	0,02	0,04

Установлено, что в слое почвы выше фронта промерзания плотность ее, как правило, уменьшается (коэффициент морозного пучения среднего суглинка составляет 9-10%), однако ниже — значительно увеличивается. Следствием этого эффекта нередко была существенная усадка грунта (около 14 мм) после оттаивания и общее заметное повышение плотности почвы.

Весной при подготовке эродированной почвы к посеву яровых зерновых культур происходит дополнительное ее уплотнение под действием тяжелых почвообрабатывающих машин и орудий. Разновременное созревание почвы по элементам склона, слитный и заплывший после перезимовки верхний горизонт с разрушенной структурой также существенно усложняют ее подготовку, поэтому требуется более интенсивная обработка почвы. Как известно, даже при однократном проходе тяжелых колесных тракторов средняя плотность пахотного слоя возрастает на 20~40%, уплотняющая деформация распространяется на глубину 40~60 см, а в отдельных случаях до 1 м. Трехкратные проходы тяжелых тракторов по влажной дерново-подзолистой почве уплотняют ее до 1,41-1,45 г/см<sup>3</sup> [2, 7]. В результате уже в начале вегетации различия в показателях плотности сложения пахотного горизонта по вариантам обработки нивелируются, часто превышают оптимальную и даже равновесную и достигают 1,46-1,52 г/см<sup>3</sup>.

Для предупреждения этого явления при обработке необходимо ориентироваться на физическую спелость почвы. При проведении механической обработки в оптимальных интервалах влажности почва не мажется, не уплотняется, не образует глыб, пласт хорошо крошится, создаются наиболее благоприятные соотношения твердой фазы, воды и воздуха. Однако с учетом сложившихся неблагоприят-

ных почвенно-климатических и погодных условий холодных сезонов и разновременного созревания почвы на склонах реально добиться этого весьма проблематично.

Тем не менее, самым сильным естественным фактором, оказавшим негативное влияние на дальнейшее агрофизическое состояние эродированной почвы, стало нарастание засушливости периода вегетации и его подпериодов. Почва как физическая система является капиллярно-набухающим телом, состоящим из твердых частиц, расположение которых зависит от количества влаги в ней [9]. Иссущение смывтой почвы резко повышает плотность ее сложения.

В этих сложных условиях применяемые противоэрозионные обработки оказывают слабое влияние на снижение величины средней плотности в пахотном слое. На этом фоне выделяется лишь поверхностная обработка, где эти показатели были несколько ниже (на 3-6%), чем в контрольном и других изучаемых вариантах. Наиболее заметно эти различия проявляются в верхнем 0—10 см слое почвы, что обусловлено повышенным уровнем его гумусированности. Однако уже последующий слой (10—20 см) не имеет таких преимуществ по плодородию, и он более деформирован, чем другие (табл. 2). Кроме того, это обусловлено еще и тем, что слой 10—20 см в почвенном профиле при минимализации в наибольшей степени подвержен негативному техногенному воздействию и возможным отрицательным экологическим изменениям, выступая в роли буферного горизонта.

Минимализация обработки сокращает не только площадь уплотнения и уменьшает интенсивность техногенного воздействия на верхний слой эродированной почвы, но и способствует устранению остаточной деформации в нижележащих ее горизонтах (20~40 см), где эти различия, так же как и в верхнем слое, были достаточ-

Влияние противозерозийных обработок и крутизны склона на плотность сложения по горизонтам почвы, г/см<sup>3</sup> (1989-1992)

Вариант обработки	Слой почвы, см					
	0-10	10-20	20-30	30-40	0-20	20-40
<i>Склон крутизной 8°</i>						
Вспашка	1,36	1,46	1,51	1,54	1,41	1,53
Вспашка + щелевание	1,36	1,47	1,52	1,54	1,42	1,53
Плоскорезная + щелевание	1,36	1,49	1,53	1,54	1,43	1,54
Плоскорезная + чизелевание	1,34	1,48	1,52	1,52	1,41	1,52
Поверхностная + щелевание	1,35	1,50	1,52	1,53	1,43	1,53
Поверхностная	1,34	1,47	1,50	1,52	1,41	1,51
<i>Склон крутизной 4°</i>						
Вспашка	1,33	1,41	1,48	1,53	1,37	1,51
Вспашка + щелевание	1,33	1,40	1,48	1,52	1,37	1,50
Плоскорезная + щелевание	1,32	1,42	1,46	1,50	1,37	1,48
Плоскорезная + чизелевание	1,32	1,42	1,47	1,50	1,37	1,49
Поверхностная + щелевание	1,31	1,43	1,46	1,51	1,37	1,49
Поверхностная	1,30	1,42	1,46	1,48	1,36	1,47

но очевидны. Этому способствует и проведение периодического (один раз в пять лет) чизелевания на глубину 38-40 см. Заслуживает серьезного внимания и тот факт, что при минимализации обработки устойчивость почвы к неблагоприятным природно-антропогенным воздействиям возрастает. Это может стать важной отправной точкой в разработке на склоновых землях эффективных агротехнических мероприятий по адаптации почвозащитных систем земледелия к новым экологическим условиям, сформированным в результате современных колебаний и изменений климата.

Проведенная трендовая оценка плотности сложения почвы за 25-летний период исследований указывает на ее общий заметный рост. Однако факт присутствия длительно-однонаправленных изменений этого показателя имеет неоднозначную агроэкологическую оценку. Дисперсия тренда по обоим изучаемым склонам не превышает 12%. Тем не менее, если проанализировать осредненную по вариантам обработки динамику плотности

сложения почвы за последние 15 лет, то общая тенденция остается пока отрицательной (рис. 1).

Критерии агроэкологической оценки, кроме трансформации конкретных свойств почв и ландшафтов, должны учитывать и дальнейшие прогнозируемые процессы от их использования. В этой связи подобные изменения плотности сложения почвенного профиля не могут не сказаться на общих экологических и экономических показателях функционирования эрозионно-опасных агроландшафтов. Поэтому переуплотнение пахотных почв южных склонов в результате потепления зимних периодов и нарастания засушливости климата региона ставит перед современным земледелием весьма серьезную проблему, которая, как показывают наши исследования, с каждым годом становится все острее. Прогноз на обозримое будущее также остается пока неутешительным.

Обработка уплотненной и заплывшей почвы приводит к увеличению глыбистости, что ухудшает, прежде всего, структурное состояние пахот-

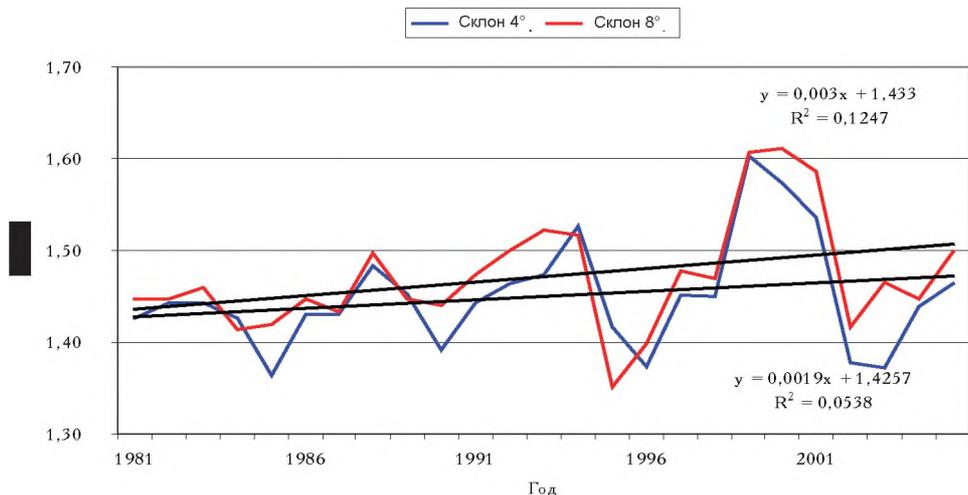


Рис. 1. Тренд плотности почвы

ного горизонта. Структура почвы является одним из основных факторов её плодородия. Оптимальные водно-воздушный и пищевой режимы, физические, физико-химические и биологические условия для жизни растений возможны лишь на хорошо оструктуренной почве. Не случайно большое значение благоприятной почвенной структуре в повышении плодородия почв и борьбе с эрозией придавали виднейшие ученые нашей страны В.В. Докучаев, А.А. Измаильский, П.А. Костычев, В.Р. Вильямс, Н.А. Качинский и др.

Расчленение почвы на агрегаты происходит под влиянием многих процессов и явлений, например, в результате промораживания [8]. Слабое или тем более полное отсутствие промораживания почвы, как мы уже указывали выше, в условиях теплых зим не способствует эффективному образованию структуры. При многократном промерзании и оттаивании избыточно увлажненная почва не распадается на агрегаты. Напротив, происходит активное физико-химическое разрушение структуры, особенно верхнего слоя, что не только не улучшает плодородие почв склонов,

но и резко снижает их устойчивость к эродирующему воздействию стока в весенний период.

Важное влияние на агрегирование оказывает и механическая обработка почвы. Большинство почвообрабатывающих орудий способны крошить почву на те агрегаты, которые уже сформировались в результате различных процессов. Обработка уплотненной, запылившей, сухой или, наоборот, сильно увлажненной почвы способствует укрупнению агрегатов и образованию глыб. Такое состояние смытых почв склонов южных экспозиций в силу их специфических особенностей и сложившихся гидро-термических условий последних лет было не редкостью. При этом не имело особого значения, когда проводилась обработка почвы осенью или весной. Последствия были, как правило, одинаково негативными. В результате коэффициент структурности эродированных дерново-подзолистых почв за 25-летний период исследований снизился в среднем на 0,84, или на 30%, при наиболее существенном изменении на склоне крутизной 8° — на 0,93, или на 36% (табл. 3). Уменьшение количества агрономически ценных

Действие противозерозионных обработок на коэффициент структурности, слой 0-40 см

Вариант обработки	Ротация севооборота по годам				
	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005
<i>Склон крутизной 8°</i>					
Вспашка	2,5	2,1	2,1	1,8	1,4
Вспашка + щелвание	2,7	2,0	2,0	1,8	1,6
Плоскорезная + щелвание	-	-	2,1	1,9	1,6
Плоскорезная + чизелевание	-	-	2,0	1,9	1,6
Поверхностная + щелвание	-	-	2,3	2,2	1,8
Поверхностная	2,7	2,3	2,5	2,4	2,1
<i>Склон крутизной 4°</i>					
Вспашка	2,9	2,4	2,5	2,3	1,9
Вспашка + щелвание	2,8	2,3	2,4	2,3	2,1
Плоскорезная + щелвание	-	-	2,5	2,4	2,1
Плоскорезная + чизелевание	-	-	2,4	2,5	1,9
Поверхностная + щелвание	-	-	2,9	2,7	2,3
Поверхностная	2,9	2,6	3,0	2,9	2,5
НСП <sub>05</sub> фактор А	<u>0,38</u>	<u>0,3</u>	<u>0,14</u>	<u>0,09</u>	<u>0,1</u>
В	0,47	0,37	0,24	0,16	0,17

агрегатов почвы (10,0—0,25 мм) происходит в основном за счет их укрупнения до глыбистых размеров (больше 10 мм) при одновременном сокращении в 1,5-3 раза содержания пылеватых фракций.

Среди изучаемых приемов и систем противозерозионной обработки почвы позитивный оструктурирующий эффект оказывает минимализация (дискование на 6-8 см), роль которой в сохранении и улучшении структуры как пахотного, так и подпахотного горизонтов была достаточно очевидна (табл. 4). Ограничение механического воздействия на почву тяжелых почвообрабатывающих машин и орудий способствует повышению коэффициента структурности по отношению к вспашке (контроль) и другим изучаемым вариантам обработки на 15-20%. Однако более важным результатом применения поверхностной обработки следует считать выявленную высокую экологическую устойчивость почвы по этому показателю к неблагоприятным колебаниям и изменениям внешней среды и климата. Если за первую и частично вторую ротации

севооборота различия в структурном состоянии почвы в этом варианте по отношению к обычной вспашке были минимальными (не более 9%), то в последующие три ротации на склоне крутизной 4° они достигли 26-32%, а на склоне крутизной 8° — 33-50%. Следовательно, в этих условиях минимализация основной обработки смытой почвы путем замены вспашки дискованием является наиболее эффективным способом стабилизации структурного состояния и оздоровления экологической обстановки на склоновых землях.

Самые заметные изменения в развитии почвенно-деградационных процессов склоновых земель наблюдаются в последние годы. Обеспокоенность вызывает общая устойчивая динамика ухудшения структурного состояния почв, заметно возрастающая с повышением крутизны склона. Установлена закономерность: чем выше степень эродированности почв, тем больше ее уязвимость к неблагоприятному воздействию факторов внешней среды. Графический анализ и трендовая оценка наглядно демонстрируют

Влияние агротехнических приемов и рельефа на коэффициент структурности по горизонтам почвы, % (1989-1992)

Вариант обработки	Слой почвы, см		
	0-20	20-40	0-40
<i>Склон крутизной 8°</i>			
Вспашка	2,42	1,87	2,15
Вспашка + щелевание	2,43	1,82	2,13
Плоскорезная + щелевание	2,29	1,99	2,14
Плоскорезная + чизелевание	2,36	1,94	2,15
Поверхностная + щелевание	2,57	2,01	2,29
Поверхностная	2,63	2,20	2,42
<i>Склон крутизной 4°</i>			
Вспашка	2,69	2,35	2,52
Вспашка + щелевание	2,64	2,31	2,48
Плоскорезная + щелевание	2,60	2,32	2,46
Плоскорезная + чизелевание	2,69	2,37	2,53
Поверхностная + щелевание	2,79	2,48	2,64
Поверхностная	2,74	2,70	2,72

выявленные закономерности и подтверждают ( $R^2=41\%$ ) направленность современных экологических изменений (рис. 2).

Ценность структуры почвы, особенно на склоновых землях в условиях активного развития процессов эрозии, зависит от её водопрочности.

Способность почвенных агрегатов противостоять размывающему действию воды и не распадаться на составляющие их механические элементы или микроагрегаты определяет физическую и экологическую устойчивость агроландшафтов. В течение периода исследований водопрочность макро-

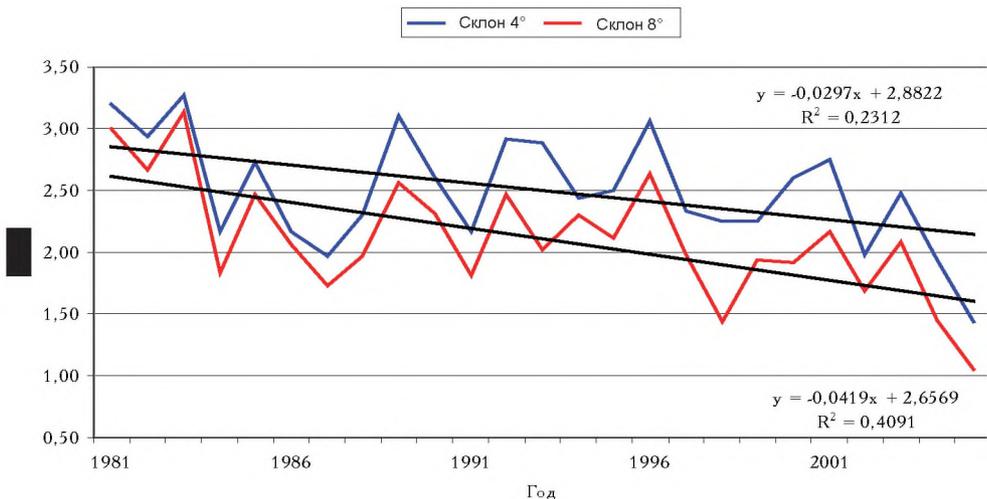


Рис. 2. Тренд структурного состояния почвы в зависимости от крутизны склонов

агрегатов, сформированных в результате различных процессов и явлений, изменяется в достаточно больших пределах и имеет неустойчивую динамику (табл. 5).

В то же время известно, что водопрочность структуры сама по себе является величиной динамичной и может изменяться в пространстве и времени в зависимости от влажности и температуры почвы, ее биологической активности, условий аэрации и т.п. В данном случае общая слабая устойчивость агрегатов эродированных почв обоих склонов объясняется в первую очередь их малой гумусированностью.

Наиболее водопрочная структура образуется при участии гуминовых кислот. В результате процессов эрозии верхний горизонт почвы теряет органическое вещество, что приводит к уменьшению количества водопрочных агрегатов. Подтверждением высокой средостабилизирующей роли гумуса в условиях природной и антропогенной деградации почв могут служить результаты исследований,

полученные за последние пять лет. При общей неустойчивой и в целом отрицательной динамике показателей водопрочности ее повышение составило в среднем 14%, где основной причиной является улучшение гумусного состояния почвы в эти годы.

Под влиянием природного и антропогенного процессов почвообразования наиболее водопрочная и агрономически ценная структура формируется в пахотном горизонте, особенно при применении поверхностных обработок. Оптимизация режимов плодородия почвы в этих вариантах, в частности гумусного состояния верхнего горизонта, обеспечивает повышенную сопротивляемость макроагрегатов к размыву. Однако в подпахотном слое водопрочность структуры снижается и уже уступает контрольному и большинству других изучаемых приемов обработки.

Сокращение физико-механической нагрузки движителей на почву при поверхностной обработке способствует улучшению многих физических и других агрономически значимых ее

Т а б л и ц а 5

**Действие противоэрозионных обработок на водопрочность почвенных агрегатов, %**

Вариант обработки	Ротация севооборота, по годам				
	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005
<i>Склон крутизной 8°</i>					
Вспашка	44,0	40,7	36,1	35,2	40,6
Вспашка + щелевание	45,9	40,7	36,5	36,1	41,1
Плоскорезная + щелевание	-	-	37,6	36,9	44,2
Плоскорезная + чизелевание	-	-	37,6	36,7	44,7
Поверхностная + щелевание	-	-	38,0	37,9	44,0
Поверхностная	44,6	-	37,0	37,2	41,4
<i>Склон крутизной 4°</i>					
Вспашка	45,8	38,6	40,0	37,1	43,6
Вспашка + щелевание	48,7	39,0	40,0	37,2	42,4
Плоскорезная + щелевание	-	-	37,0	37,8	41,5
Плоскорезная + чизелевание	-	-	42,0	39,1	43,5
Поверхностная + щелевание	-	-	41,3	42,2	45,3
Поверхностная	47,4	41,2	42,6	44,5	44,6
НСП <sub>05</sub> фактор А	3,34	4,18	2,76	1,29	1,99
В	4,09	5,12	4,78	2,23	3,45

свойств. Высокую эффективность минимализации, особенно в засушливые годы, подтверждают и многолетние исследования других авторов [4].

Вместе с тем одной обработкой хорошей структуры, строения и сложения создать невозможно. В оптимизации физических свойств почв хорошо известна роль растений. Так, при анализе процессов структурообразования почв под различными культурами выявлено, что макроагрегатный состав почв, занятых многолетними травами 1-го года пользования, в процентном отношении представлен более водопрочными агрегатами, чем под зерновыми и даже под травами 2-го года пользования. Это является важным свидетельством снижения средостабилизирующих функций травосмеси с возрастом в сложившихся экологических условиях возделывания с.-х. культур в последние годы (табл. 6).

Многолетние травы, оцениваемые как богатый источник поступления в почву органической массы в форме пожнивных остатков, улучшают структурное состояние эродированных почв, активизирует процессы агрегирования. Однако показатели плотности сложения почвы и твердость при

возделывании смеси трав заметно уступают таковым при выращивании яровых и озимых зерновых культур. Наиболее плотной почва формируется в период вегетации многолетних трав 2-го года пользования, где осредненная ее величина по склонам составляет 1,54 г/см<sup>3</sup>, что определяет явно неблагоприятный физический режим почвы и условия для роста растений. Поэтому для поддержания оптимальных параметров плодородия смытых почв необходимо осуществлять правильную агротехнику, внедрять севообороты с насыщением многолетних трав, применять органические и минеральные удобрения с учетом специфики склоновых земель.

При оценке в среднем за 25 лет непрерывных исследований комплексного влияния антропогенно-природных факторов на основные показатели плодородия эродированной дерново-подзолистой почвы можно констатировать общее ухудшение агрофизического ее состояния (табл. 7). Это выражается в повышении плотности сложения и твердости почвы, снижении пористости и количества агрономически ценной макроструктуры, ослаблении устойчивости макроагрегатов к размывающему действию

Т а б л и ц а 6

**Действие полевых культур на агрофизические свойства почвы на склонах разной крутизны, слой 0-40 см (1981-2005)**

Вариант обработки	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Твердость, кг/см <sup>2</sup>	Коэффициент структурности, Кст	Водопрочность агрегатов, %
<i>Склон крутизной °</i>				
Овес	1,48	44,8	2,06	41,5
Ячмень + мн. травы	1,46	38,8	2,07	38,7
Мной травы 1-го года пользования	1,49	48,2	2,08	41,8
Мног. травы 2-го года пользования	1,54	45,4	2,12	38,6
Озимая пшеница	1,46	38,9	1,97	38,3
<i>Склон крутизной °</i>				
Овес	1,45	42,4	2,45	41,7
Ячмень + мн. травы	1,43	33,2	2,41	39,6
Мног травы 1-го года пользования	1,43	46,4	2,59	43,6
Мног травы 2-го года пользования	1,53	41,8	2,42	38,1
Озимая пшеница	1,44	36,4	2,43	41,6

**Изменения агрофизических свойств почвы под действием  
противозерозионных приемов обработки и рельефа, слой 0-40 см (1981-2005)**

Вариант обработки	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Общая пори- стость, %	Твердость, кг/см <sup>2</sup>	Коэффициент структурности	Водопрочность агрегатов, %
<i>Склон крутизной 8°</i>					
Вспашка	1,48	48,0	42,1	1,98	39,3
Вспашка + щелевание	1,47	47,3	39,2	2,01	40,2
Поверхностная	1,46	46,8	44,2	2,39	40,2
<i>Склон крутизной 4°</i>					
Вспашка	1,46	47,1	38,1	2,38	40,7
Вспашка + щелевание	1,45	48,1	36,1	2,35	41,0
Поверхностная	1,44	46,2	41,7	2,75	43,5
НСР <sub>05</sub> фактор А	0,012			0,08	1,06
В	0,015			0,10	1,29

Пр и м е ч а н и е . Твердость почвы указана за период с 1981 по 1993 г.

воды и, наконец, общей тенденции на обеструктуривание, особенно заметной в 1990-е годы. Сочетание этих свойств и показателей ухудшают водно-воздушный, тепловой и питательный режимы почв, снижают ее устойчивость к эрозии, обостряют экологические проблемы склоновых земель и окружающей среды в целом. Вместе с тем нельзя не отметить и определенную позитивную динамику в состоянии основных агрофизических показателей плодородия смытых почв (плотности сложения, водопрочности макроструктуры), особенно за последние пять лет. Это является важным и достаточно обнадеживающим свидетельством высокой средостабилизирующей эффективности применяемого комплекса адаптивных агротехнических мероприятий, направленных на обеспечение долговременной экологической устойчивости ландшафтов.

Таким образом, одной из основных причин неудовлетворительного физического состояния эродированных почв в последние десятилетия являются колебания и направленные изменения климата территории Нечерноземной зоны в сторону потепления. Агрэкосистемы, расположенные на склонах южных экспозиций, в силу

своих особенностей и специфики естественных почвообразовательных процессов являются наиболее уязвимыми к этим изменениям. Наложение неблагоприятного природного комплекса факторов на антропогенный и взаимное их усиление значительно осложняет экологическую обстановку на таких территориях, а в ближайшей перспективе может привести к еще более серьезному кризису. Поэтому, принимая во внимание текущий характер этих изменений и прогнозируемое их развитие, необходимо уже сейчас применять комплекс упреждающих мер, адекватный современным представлениям по охране окружающей среды и принципам безопасного природопользования.

Возможным решением этой проблемы могут стать экологические ограничения интенсивных антропогенных нагрузок, в частности, через минимализацию обработки. Сокращение числа технологических операций способствует, прежде всего, активизации процессов саморегуляции почвенного профиля, восстановлению его природных свойств, режимов и экологических функций, что в конечном итоге повышает экологическую устойчивость почв к неблагоприятным воздействиям внешних факторов.

## Библиографический список

1. *Ахтырцев Б.П.* История антропогенной деградации почв лесостепи в голоцене // Вестник ВГУ. Серия химия, биология, 2000. С. 80–85.
2. *Воробьев Г.Я.* Беречь почву от переуплотнения техникой // Земледелие, 1987. № 9. С. 15-17.
3. *Калужный И.Л., Лавров С.А., Штыков В.И.* О влиянии промерзания почвы на ее плотность // Метеорология и гидрология, 2001. № 3. С. 91-102.
4. *Качанин А.Л., Гармашов В.М., Нужная Н.А. и др.* Обработка почвы и эффективность использования ее плодородия // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2002. № 1. С. 81-83.
5. *Кононов В.М.* Агроэкологическая оценка земель Оренбургской области и принципы формирования адаптивного землепользования // Вестник ОГУ, 2002. №3. С. 84-89.
6. *Кочетов И. С.* Агроландшафтное земледелие и эрозия почв в Центральном Нечерноземье. М.: Колос, 1999.
7. *Кочетов И. С.* Эродированные почвы Центрального Нечерноземья и их интенсивное использование. М., 1988.
8. *Мотузов Я. Я.* Влияние мороза на структуру и эрозионную стойкость почвы в зависимости от ее влажности // Почвоведение, 1960. № 3. С. 53-58.
9. *Семенов В.А., Решетин О.Л., Орлов С.Ю.* Физические основы формирования температурного, влажностного и воздушного режимов в почве // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2003. № 2. С. 22-24.
10. *Уткаева В.Ф., Щепотьев В.Н.* Деградация физических свойств аллювиальных почв в результате агротехноценоза // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2003. № 5. С. 28-30.
11. Climate Chang. Impacts, Adaptations and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO/UNEP // Cambridge, Cambridge University Press, UK., 2001.

*Рецензент* — д. с.-х. н. Г.И. Баздырев

## SUMMARY

Recent climatic variability and changes of Central non-black soil area exacerbate environmental problems agrolandscapes located on hillside lands of southern expositions: both compactness and soil firmness increase while porosity and structural condition decrease, water-stability of aggregates weakens.

**Key words:** climatic changes, agrolandscapes, agrophysical properties, soil degradation, cultural practices, minimization.

Белолобцев Александр Иванович — д. с.-х. н., РГАУ -МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел. 977-73-55. Эл. почта: belolyubcev@mail.ru