УДК 631.4

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ ОРОШЕНИИ

© 2014 г. Т. В. Турсина

Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии,
119017, Москва, Пыжевский пер. 7, стр. 2
e-mail: tursina@agro.geonet.ru

Методами микроморфологии изучены длительно орошаемые черноземы. Основными показателями устойчивости черноземов к длительному орошению (30–50 лет) были такие показатели, как пористость, количество микроагрегатов, биогенность, микроформы гумуса, наличие или образование оптически ориентированной глины. Разный ионный состав оросительных вод вызывал различную антропогенную эволюцию черноземов.

Ключевые слова: микростроение, формы гумуса, оптически ориентированные глины, осолодение, слитизация, цементация.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование изменения строения и свойств черноземов под влиянием различных антропогенных нагрузок (распашки, внесения удобрений, действия сельскохозяйственной техники, химической мелиорация, орошения) проводилось многочисленной группой ученых длительное время в широком ареале. Изучение влияния орошения на черноземы началось в 30-х годах прошлого столетия на отдельных объектах, например, Валуйской оросительной системе. Активное развитие орошение получило лишь в 60–70-е годы, сопровождавшееся длительными и разнообразными исследованиями по его влиянию на изменение строения и свойств черноземов. Широко известны работы Николаевой и Розанова (1990) и Розанова (1973) по Краснодарскому краю; Андреева и др. (2007) по Ростовской области; Гоголева и др. (1990), Медведева (1981) и Биланчина (1969) по Украине; Крупенникова и др. (1985) по Молдавии; Полякова (1981), Егорова (1989) и Приходько (2005) по Заволжью и др.

Развитие микроморфологического метода исследования позволило использовать его при изучении изменения микрострое-

ния черноземов под влиянием орошения. В чем преимущество микроморфологических исследований? Во-первых, изучается почва в ненарушенном состоянии. Во-вторых, легко фиксируются первые начальные стадии изменения строения и организации почвенной массы, которые еще не могут быть уловлены другими методами. В-третьих, появляется реальная возможность контролировать действие конкретных мелиорантов на полноту оструктуривания пептизированной тонкодисперсной почвенной массы и прогнозировать дальнейшие изменения в структурной организации и в перераспределении некоторых компонентов микростроения и формировании новообразований.

Первые исследования по характеристике микростроения черноземов и процессов, происходящих в них, проведены Яриловой и др. (1981) и Поляковым (1981). Микростроение орошаемых черноземов изучалось Турсиной (общее микростроение и его перестройка, судьба новообразований, 1978, 1990), Скворцовой и др. (пористость и агрегированность,1983, 2009), Чижиковой (минералогический состав и перестройка микростроения, 1995).

Длительные и многочисленные наблюдения за изменением черноземов под влиянием орошения с помощью полевых и лабораторных (химических, физико-химических, физических, микроморфологических) исследований показали, что в подавляющем числе случаев (более 90%) орошение вызывает отрицательное воздействие на общее состояние черноземов и черноземных земель. В обобщающей работе Шеина и др. (1995) приведены основные составляющие отрицательного опыта орошения черноземов, дополненные другими исследователями:

1) изменение гидрогеологической и геохимической обстановки (подъем уровня грунтовых вод и увеличение обводненности зоны аэрации);

2) смена структурно-гидрофизического состояния почв (потеря многопорядковой структуры и уменьшение пористости, заметное уплотнение и появление коркуемости и глыбистости, ухудшение водного и воздушного режимов);

3) вторичное засоление грунтовых вод и почв, осолонцевание, ослитовывание и вторичное окарбоначивание за счет подъема грунтовых вод и полива гидрокарбонатно- и хлоридно-натриево-магниевыми водами;

4) изменение кальциевого режима (процессы ионного обмена, растворение – осаждение $CaCO_3$, специфика гумусообразования и др.);

5) нарушение естественного гумусообразования, проявляющегося как в дегумификации за счет усиления минерализации и иллювиирования гумуса, так и в увеличении гумусности и органического детрита;

6) перестройка исходного микростроения с потерей микроагрегированности за счет обезжелезнения гумусово-глинистой плазмы и подвижек карбонатов, особенно сильно и разнообразно выраженных при развитии глеевого процесса;

7) тотальное развитие осолодения при поливе чернозема щелочными водами, включающее пептизацию агрегированной гумусово-глинистой плазмы, снятие гумусовых пленок с зерен минералов и латеральный вынос диспергированной массы.

Перечисленные изменения в строении орошаемых черноземов носят характер скорее отрицательных сдвигов, чем положительных изменений. В литературе нами был найден лишь один случай орошения черноземов с положительным конечным результатом. Это наблюдения на Карагашской оросительной системе (Молдавия) на черноземах обыкновенных и карбонатных, орошаемых водой р. Днестр (Крупеников и др., 1985). Тем не менее, мы задались целью с помощью микроморфологических исследований уточнить эти выводы, и может быть обнаружить и другие положительные изменения в орошаемых черноземах. Для этого собрали коллекцию образцов черноземов, длительно орошаемых различными по составу оросительными водами.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В работе исследовали изменение строения и микростроения черноземов в результате распашки и орошения в широком ареале и под влиянием различных по составу поливных вод. Изучали обыкновенные черноземы Курской и Самарской областей, южные черноземы Украины, карбонатные черноземы Ростовской области, слитые черноземы Ставрополья. Состав оросительных вод колебался от пресных (волжская и днестровская) гидрокарбонатно-кальциевого состава, до слабощелочных (воды малых рек Красно-

дарского края и Ростовской области), а иногда и сильнощелочных (воды оз. Сасык).

Устойчивость почв к сельскохозяйственным воздействиям или изменению природной среды под влиянием орошения определяется тремя основными показателями:

1) агрегированностью почвенной массы и характером пористости;

2) гумусированностью и характером гумуса (микроформами гумуса), а также биогенной переработанностью почвенной массы;

3) характеристикой внутрипрофильной дренированности и степенью миграции компонентов почвенной массы по профилю или латерально.

Именно эти показатели являются базовыми характеристиками при изучении деградации или окультуривания почв. Необходимо учитывать определенные показатели микростроения, ответственные за устойчивое состояние почв. По нашему мнению, степень агрегированности должна диагностироваться по (а) по форме и размеру элементов структуры (педов), (б) степени агрегированности почвенной массы, (в) пористости, (г) форме пор и их изрезанности.

Гумусированность и характер гумуса зависят от (а) соотношения микроформ гумуса, (б) количества органических остатков (детрита), (в) количества экскрементов. Внутрипрофильная дренированность микроморфологически характеризуется по (а) выраженности и степени оглеения (количество железистых стяжений и обезжелезненных зон), (б) наличию следов передвижения тонкодисперсного материала (выраженность глинистых обособлений и кутан) и др. (табл. 1).

В работе анализируется изменение микростроения черноземов в результате распашки и орошения в широком ареале и под влиянием различных по составу поливных вод. Приведем краткую характеристику изученных объектов. В скобках даны фамилии авторов, которые проводили длительные полевые наблюдения, в работах которых можно найти все основные характеристики почв и их изменение в процессе орошения. (Образцы почв для изготовления шлифов отбирались автором совместно с указанными учеными).

Таблица 1. Показатели микростроения черноземов по степени окультуренности

Показатель	Степень окультуренности		
	низкая	средняя	высокая
Агрегированность			
Макроструктура (>0.25 мм) форма	Блочная	Комковато-шлировая	Комковатая
степень выраженности (% оструктуренных зон)	<20	20–70	>70
Микроагрегированность (% агрегированного материала)	<10	10–50	>50
Общая площадь пор (S) (% от площади шлифа)	<10	10–20	>20
Форма пор	Трещины	Ваги, трещины	Ваги, камеры, каналы
Изрезанность пор отношение периметра пор к периметру шлифа	<4	4–6	>6
общий фактор формы	>6	4–6	<4
Гумусированность			
Количество органогенных остатков	Единичные 1–5	Редкие 5–10	Много >10
Биогенность (количество экскрементов)	Малая 1–2	Средняя (2–5)	Высокая (>5)
Соотношение микроформ гумуса (по убывающей)	Углистый, точечный, сгустковый	Точечный, сгустковый, углистый	Сгустковый, точечный, углистый
Миграция и сегрегация компонентов плазмы			
Степень оглеения (количество Fe-стяжений)	>10	2–10	<2
Новообразования из оптически ориентированной глины	Много	Единичные	Нет
Однородность сложения (количество фрагментов припаханного горизонта)	Гетерогенное (много)	Слабогетерогенное (среднее)	Гомогенное (нет)

1. Обыкновенный чернозем, Безенчукская опытная станция, Самарская область, волжская вода, минерализация 0.4–0.5 г/л, HCO_3-Ca. Орошение 50 лет. (В.А. Барановская).

2. Южные черноземы Одесской области, руководитель работ И.Н. Гоголев Орошение 25 лет.

а) Дунай-Днестровская вода, минерализация 0.3–0.5 г/л, HCO_3–Ca–Mg. Орошение 20 лет. (Я.М. Биланчин).

б) оз. Сасык, минерализация воды 1.4–1.8 г/л, CO_3–HCO_3–Cl–SO_4–Na–Mg. Орошение 10 лет. (П.С. Позняк).

в) сточно-бытовые воды, минерализация 0.7–1.2 г/л, HCO_3–Cl–Na–Mg. Орошение 15 лет. (Б.М. Турус)

3. Карбонатные черноземы Ростовской обл., воды р. Маныч, минерализация 0.8–1.3 г/л, HCO_3–Ca–Mg–Na. Орошение 12 лет. (Г.И. Андреев).

4. Слитые черноземы Ставрополья, водохранилища местного стока, минерализация воды 0.6–0.8 г/л, HCO_3–Mg–Ca. Орошение 10 лет. (Н.И. Хаджинов).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Обыкновенные черноземы Заволжья, Безенчукская опытная станция. Орошение 50 лет. Черноземы Заволжья по сравнению с черноземами других регионов характеризуются высокой устойчивостью структуры на всех уровнях организации материала (от макро до микро); распашка, внесение удобрений, использование тяжелой сельскохозяйственной техники заметно снизили пористость и агрегированность, но в целом комковато-губчатое микростроение материала не было разрушено, чему способствовало высокое содержание экскрементов и копролитов. Богарные черноземы Заволжья отличаются высоким содержанием органических остатков разной степени разложения и их ассимиляцией основной массой. Гумус преимущественно темно-бурый, местами бурый. Из микроформ гумуса преобладают сгустковые формы, имеется незначительное количество и дисперсных. Зерна минералов покрыты плотными гумусово-глинистыми пленками. Сложение верхних горизонтов неоднородное: чередуются уплотненные зоны с порами-трещинами и рыхлые комковато-губчатого строения с двухпорядковыми агрегатами. Пористость относительно высокая (около 20%) и разнообразная, преобладают поры упаковки агрегатов и поры-ваги. Новообразования представлены исключительно биогенными формами. На глубине 40–60 см диагностируется хорошо оструктуренный педотубульный гор. АВ с повышенным содержанием углистых микроформ гумуса при преобладании сгустковых микроформ. Его характер в значительной степени сохраняется и в орошаемых черноземах (рис. 1).

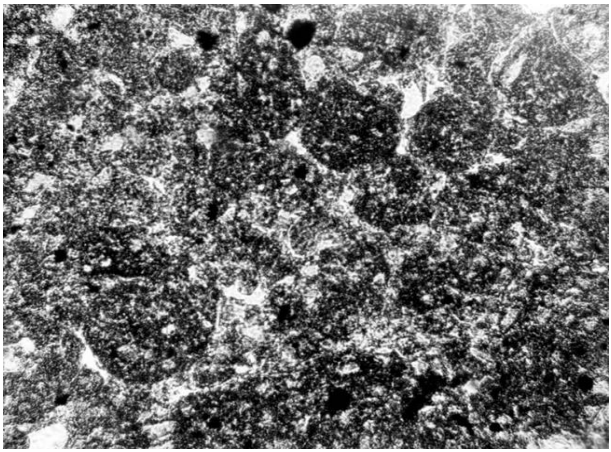


Рис. 1. Сгустковые микроформы гумуса в педотубульном горизонте южного орошаемого чернозема, гор. АВ, 60-70 см. N‖.

Таким образом, для заволжских богарных обыкновенных черноземов отмечаются:

а) высокая агрегированность и хорошо выраженная меж- и внутриагрегатная пористость,

б) высокое содержание сгусткового гумуса и органического детрита, а также хорошая биогенная переработанность почвенной массы,

в) исключительно благоприятная внутрипрофильная дренированность: с глубины 70 см наблюдается облегчение гранулометрического состава – увеличивается содержание крупной пыли до 20%, а мелкого песка до 10%, а также полевых шпатов и первичных карбонатов.

Длительное орошение заметно изменило основные структурные параметры черноземов, принципиально не затронув такие показатели, как агрегированность основной массы и микроформы гумуса. В результате орошения наблюдается уплотнение пахотного горизонта за счет сближения агрегатов, снижения в основном межагрегатной пористости, появления новых видов пор – портрещин. Преобладание сгустковых микроформ гумуса сохраняется, но появляются островки пигментного (почти черного) гумуса, мобильного и потенциально способного к иллювиированию. По-

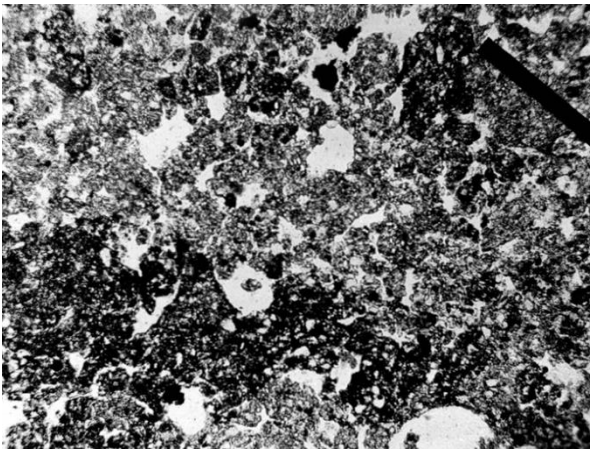


Рис. 2. Различная гумусированность почвенной массы, связанная с биогенной переработкой. N‖.

ложительным изменением общего микростроения орошаемых черноземов является усиление биогенности, увеличивается количество и разнообразие экскрементов и копролитов в пахотном горизонте; появляются новые виды, например, тонкопылеватые биогенные педотубулы в порах-каналах (рис. 2).

2. Южные черноземы юга Одесской области (Килийский, Татарбунарский, Шкодовогорский районы). Исходно эти южные черноземы по сравнению с заволжскими обыкновенными черноземами отличались:

меньшей оструктуренностью и большей склонностью к уплотнению (коэффициент дисперсности 10–15), многопорядковость агрегатов выражена слабо,

несколько более низкой пористостью, заметным снижением межагрегатной пористости и практически не выраженной внутриагрегатной пористости, высокой трещиноватостью,

относительно низким содержанием сгусткового (хлопьевидного) гумуса и высоким процентом точечного (дисперсного) гумуса,

неоднородностью строения профиля: на глубине 40–50 см хорошо выражен высокогумусный горизонт (с преобладанием углистых микроформ гумуса), совершенной биогенной переработкой и педотубульной структуры и высокой агрегированности (вероятно, это погребенный горизонт, атлантического максимума голоцена).

С этой же глубины (40–50 см) меняется и гранулометрический состав (увеличивается содержание песчаной фракции и появляется заметная примесь лёссовидного (или лёссоподобного) материала.

Орошение южных черноземов относительно благоприятными поливными водами гидрокарбонатно-кальциево-магниевого состава не вносит существенных отрицательных изменений в микростроение черноземов. Эти изменения аналогичны в основном тем, какие отмечены для заволжских обыкновенных черноземов: некоторое увеличение плотности сложения и снижение агрегированности, уменьшение общей и межагрегатной пористости, снижение содержания сгустковых микроформ гумуса. Позняком (2009) и Биланчиным (2009) описано увеличение мощности гумусового горизонта до 0.67 см/год за счет усиления биогенности и иллювиирования гумуса, а также понижение глубины вскипания от карбонатов на 1.33 см/год в течение первых 15 лет орошения.

3. Орошение южных черноземов щелочными водами опресненного оз. Сасык (или морского лимана Сасык) сказалось крайне негативно на макро- и микростроении черноземов. Опреснение вод озера водой Днестра несколько снизило общую минерализацию (до 1.3 г/л), но оставило высокую щелочность (pH 8.2–8.7, часто выше 9.0) поливной воды. Первые же поливы такой водой дали негативные результаты, позже (с 1985 г.) стала проводиться обработка вод серной кислотой с целью снижения их щелочности и добавление фосфогипса для нейтрализации натрия и магния.

На поверхности пахотного горизонта за первые 3 года орошения образовалась плотная непроницаемая для растений (как культурных, так и сорных) слоевато-ноздреватая корка. Цвет корки отличался на разных элементах микро- и нанорельефа: белесый на повышенных элементах (бугорках, валиках, пологих микросклонах) и пятнистый или черный в понижениях (борозды, промоины, плоские понижения). Толщина корки от 0.5 до 2–3 см. Через 5 лет орошения под белесой коркой диагностировали очень плотный и твердый бесструктурный (глыбистый) осолонцованный горизонт с включениями обломков белесой корки. При среднем исходном содержании ила в пахотном горизонте около 28.0% наблюдали уменьшение количества ила в белесой корке до 12.2%, а под коркой в осолонцованной части пахотного горизонта увели-

чение до 35.0%. Соответственно изменилось и соотношение поглощенных катионов, а именно магния и натрия: в пахотном и подпахотном горизонтах относительное содержание натрия увеличилось с 0.4 до 5.1%, а магния с 15.6 до 28.5% от суммы поглощенных оснований. Одновременно увеличилась плотность сложения с 1.19 до 1.62 г/см^3 и уменьшилась водопроницаемость – коэффициент фильтрации снизился с 1.56 до 0.33 мм/мин (Гоголев и др., 1990).

Основные изменения микростроения черноземов, орошаемых щелочными водами, сводятся к следующему.

Коркообразование, сопровождающееся пептизацией и сепарацией гумусово-глинистой плазмы и образованием зон, состоящих исключительно из песчано-пылеватых зерен первичных минералов (часто беспленочных) и зон, обогащенных гумусовой и гумусово-глинистой плазмой в пределах верхних 2–3 см пахотного горизонта. Внутри корки выделяются зоны: а) ноздреватого строения с многочисленными замкнутыми округлыми порами, б) слоеватого строения с субгоризонтальной пористостью, в) бесструктурная зона со слабовыраженной агрегированностью и низкой пористостью (рис. 3).

1. Проявляется, с одной стороны, неоднородность общей гумусированности за счет возникшей подвижности гумусово-глинистой плазмы, а с другой, резкое изменение соотношения микроформ гумуса в сторону потери сгустковых и увеличения доли дисперсных и углистых микроформ. Чередуются светлые зоны, практически потерявшие гумусово-глинистую плазму, и темные зоны, обогащенные иллювиированным подвижным гумусом или гумусово-глинистой плазмой.

2. В результате изменения гумусного состояния меняется и микростроение тонкодисперсного материала: в максимально безгумусных участках наблюдается переход плазмы из агрегированного изотропного состояния в анизотропное и появление в этих зонах оптически ориентированных тонких кутан – пленок в порах.

3. Результатом описанных выше изменений является новая структурная организация тонкодисперсного материала: в корке – ноздревато-слоеватая структура, аналогичная описанной в корковых солонцах Прикаспия Турсиной (1990) и Лебедевой (Вербой) и

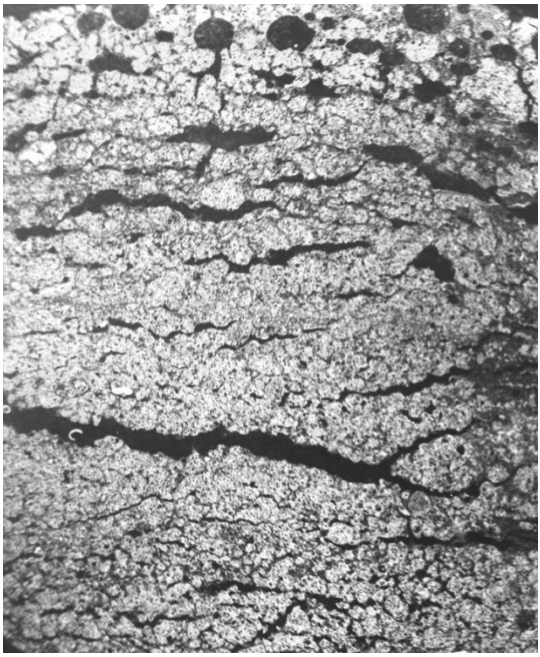
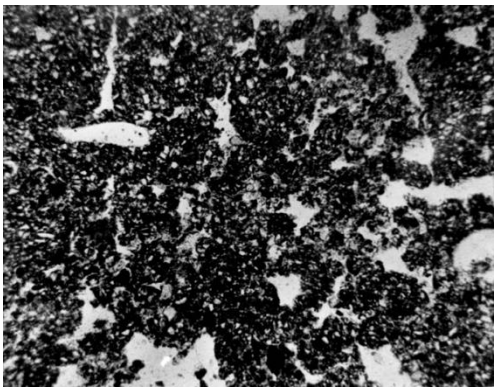


Рис. 3. Микростроение коркового горизонта черноземов, орошаемых щелочными водами оз. Сасык.

др. (2009). В целом микростроение пахотного горизонта становится крайне неоднородным: с частичной потерей агрегированности и пористости до сильноуплотненных участков с тонкотрещиноватой пористостью ниже 10–15% (поры крупнее 0.05 мм) (рис. 4).

Можно сделать вывод о быстром протекании нескольких процессов при воздействии щелочных поливных вод на почвенную массу южного чернозема: 1 – диспергации агрегированной гумусово-глинистой плазмы и выноса ее (вертикального и латерального) с образованием маломощного осолодело-коркового горизонта, 2 – замещения кальция на магний и натрий в поглощающем комплексе и изменения структурных и водно-физических свойств в результате развития солонцового процесса в пахотном и подпахотном горизонтах. В результате получили модель образования агрогенного осолодело-коркового солонца из южного чернозема под действием щелочных поливных вод.

А



Б

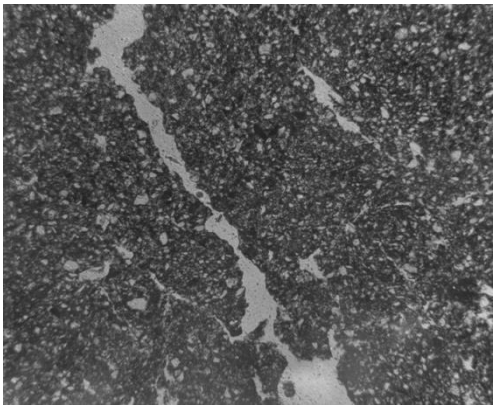


Рис. 4. Агрегированные (А) и массивные (Б) микрозоны в пахотном горизонте орошаемого чернозема.

4. На южных черноземах был опробован еще один вид орошения – полив сточно-бытовыми водами (Турус, 1989). Неожиданно оказалось, что изменение структурного состояния не столь значительны, как это наблюдалось при орошении черноземов щелочными водами оз. Сасык. Оструктуренность пахотного горизонта несколько снизилась (рис. 5), а в подпахотном (на глубине 25–35 см) осталась достаточно высокой.

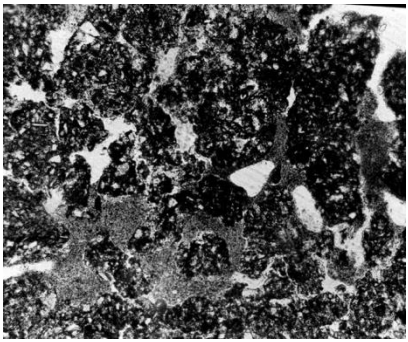


Рис. 5. Орошаемый чернозем, гор. Ар, 0–10 см.

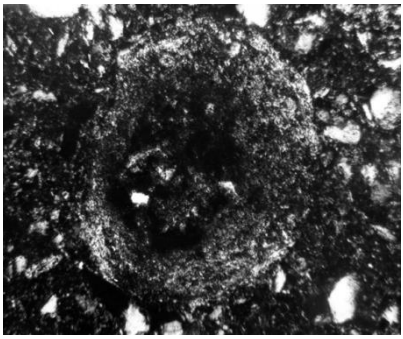


Рис. 6. Орошаемый чернозем, гор. Ар, 0–10 см. Ооиды с каемкой из оптически ориентированной глины. N X.

Губчато-ажурное микростроение пахотного горизонта сменилось уплотненным с появлением переорганизации материала за счет действия влекомых наносов – образованием крупных ооидов с высокой концентрической оптической ориентировкой глинистых частиц (рис. 6).

Исходные агрегаты сближаются и оплывают, сильно снижается межагрегатная пористость. Наблюдается некоторое осветление общей окраски за счет локальных внутригоризонтных подвижек, в основном гумуса, в результате чего на поверхности микроагрегатов появляются неконтрастные темные гумусированные кутаны или зоны пропитки. Одновременно фиксируется появление беспленочных зон грубодисперсного материала.

Подпахотный горизонт крайне неоднороден по оструктуренности и плотности: чередуются зоны высокой биогенной переработки – копрогенно-педотубульные с зонами бесструктурными и с крайне низкой пористостью.

Этот вид орошения по степени влияния на изменение микростроения почвенной массы черноземов занял промежуточное положение между двумя выше описанными (орошением Дунай-Днестровской водой гидрокарбонатно-кальциево-магниевого состава и орошением щелочными водами оз. Сасык). Благоприятный уровень оструктуренности черноземов, орошаемых сточно-бытовыми водами поддерживают поверхностно-активные вещества, содержащиеся в них, несмотря на относительно высокую до-

лю натрия в водах, которая в будущем может привести к осолонцеванию орошаемых черноземов.

Прежде чем перейти к описанию процессов, связанных с орошением черноземов, отличающихся меньшей оструктуренность почвенных горизонтов (иногда и отсутствием педотубольного горизонта) и соответственно более слабой дренированностью почвенного профиля, следует коротко остановиться на истории формирования черноземов в голоцене. Сумма микропризнаков в средней части профиля черноземов (на глубине 40–60 см), а именно высокая устойчивость специфической педотубульной микроструктуры, высокая биогенная переработка материала, преобладание углистых микроформ гумуса (указывающих на повышенную влажность, а может быть и температуру) позволяет предположить особые условия почвообразования в середине голоцена, что согласуется с данными Иванова, Чендева (2010) (табл. 2).

5. Карбонатные черноземы Ростовской области отличаются от обыкновенных и южных черноземов низкой микроагрегированностью, повышенной карбонатностью, отсутствием биогенно-педотубольного горизонта в средней части профиля, бурым гумусом и невысокой долей сгусткового гумуса, плотными карбонатными горизонтами, осложняющими внутрипрофильную дренированность при орошении.

Таблица 2. Эволюция условий почвообразования в голоцене (Иванов, Чендев, 2010)

Период	Возраст, тыс. л.н.	Климат	Прирост гор. А1
ДР – древний	12–8	Неустойчиво холодный	35–50 см
АТ – атлантический	8–4.8	Термический максимум голоцена	50–60 см
SB – суббореальный	4.8–2.8	Бестрендовые колебания температуры и осадков	50–100 см (3 мм/год)
SA – субатлантический	2.8 по настоящее время	Неустойчивый климат	Прироста нет, но профиль увеличивается за счет роста гор. ВС

Изменение строения черноземов под влиянием орошения выявило развитие процессов уплотнения и слитизации (Козловский, 1991), уплотнения почвенной массы и ее цементации за счет подъема карбонатов в верхние горизонты (Турсина, 1993), процессов оглеения и образования конкреций (Скворцова, Андреев, 1983). Орошение водами р. Маныч, имеющими минерализацию 0.8–1.3 г/л и высокое содержание магния и натрия способствовало существенному изменению кальциевого режима. Николаевой и Воробьевой отмечено, что изменение реакции среды в орошаемых черноземах (в пределах pH около 8.4–8.5) серьезно влияет на устойчивость карбонатов: при pH ниже данной величины наблюдается выпадение карбонатов в осадок, а при pH выше 8.4–8.5 – активизируется растворение карбонатов (а точнее $CaCO_3$). Что касается влияния карбоната магния, которого здесь достаточно много как в поливной воде, так и в почве, то о его роли в изменении структурных свойств почвы известно очень мало.

Орошение резко меняет микростроение верхних горизонтов, превращая их в глыбистые и низкопористые в результате подъема карбонатов. При этом агрегация почвенной массы исчезает, поскольку плазма из глинистой превращается в глинисто-карбонатную и происходит изменение ее микростроение: из мелкокомковато-сгусткового в мелкокристаллическое, что существенно сказывается на структуре порового пространства. Неорошаемые черноземы имели относительно высокую микро- и мезопористость – около 20–25%, которая при орошении уменьшилась до 10–12%, а макропористость (поры больше 100 мкм) наоборот увеличилась с 4–5 до 15–18%. Одновременно ветвистые ажурные поры сменились порами-трещинами диаметром 2–3 мм. Профильное изменение пористости показывает, что в гор. АВ наблюдается снижение макропористости до 7% из-за появления процессов слитизации или подтягивания карбонатов. Поры крупнее 1.5 мм отсутствуют. В карбонатных горизонтах наблюдается перераспределение карбонатов и некоторое растворение стяжений, что отражается на снижении пористости карбонатных горизонтов. Избыточное увлажнение приводит к перераспределению железа и образованию железистых микроконкреций. В оглеенных зонах пористость также снижается. Черноземы, испытывающие попеременно чередующееся переувлажнение и иссушение, подвергаются опас-

ности ослитования, сопровождающегося образованием тонких вертикально-наклонных кутан скольжения и резкой потерей пористости.

Подытоживая влияние слабоминерализованных поливных вод, богатых магнием и натрием, отметим три неблагоприятных процесса: 1 – цементацию почвенной массы карбонатами кальция и магния (в результате перестройки микростроения плазмы из агрегационного в мелкокристаллическое), 2 – оглеение и конкрециообразование за счет обезжелезнения глинистой плазмы при избыточном увлажнении, 3 – слитообразование при контрастном увлажнении (чередовании процессов набухания–трещинообразования при иссушении). Во всех случаях (развитии процессов цементации, оглеения и слитообразования) наблюдалось резкое и неблагоприятное снижение пористости как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах.

6. Богарные слитые черноземы Ставрополья имеют очень специфическое строение. При высокой гумусированности (более 5–7%) их оструктуренность и агрегированность очень низкие, глинистая плазма часто анизотропная, склонная к переорганизации, близкое к поверхности залегание горизонтов с высокой оптической ориентировкой глинистой плазмы. Встречаются кутаны давления от очень тонких до толстых (1–2 мм) сложного строения. Пористость пахотного и подпахотного горизонтов относительно низкая 10–15%, преобладают ветвистые поры – трещины (рис. 7).

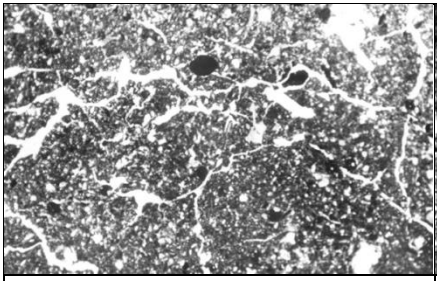


Рис. 7. Ветвистые поры-трещины в слитых черноземах Ставрополья. Гор. Ар, 0–10 см. N ‖.

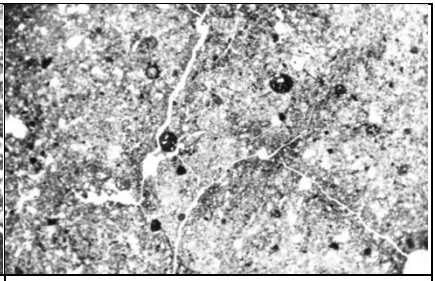


Рис. 8. Образование тонких наклонных трещин – начальная стадия развития сликенсайдов. Гор. В, 45–65 см.

В средней части профиля встречаются наклонно-вертикальные длинные поры, связанные с образованием поверхностей скольжения (слайкенсайдов) (рис. 8). Все эти свойства слитые черноземы наследуют от почвообразующей породы – делювия майкопских глин.

При орошении все указанные неблагоприятные свойства слитых почв быстро усиливаются: снижается пористость за счет повышения оптической ориентировки глинистой плазмы в верхних горизонтах и подъема карбонатов и переориентации глинистой плазмы из анизотропной в мелкокристаллическую, а также увеличивается слитость и неоднородность строения, появляется коркуемость. Высокая набухаемость, склонность к образованию поверхностной корки и низкая пористость не позволяют использовать слитые черноземы Ставрополья для орошения.

Изучение минералогического состава тонкодисперсного материала на многих оросительных системах (Чижикова, 1991) в черноземной зоне (в том числе и на описанных объектах) показало, что в результате орошения происходят существенные перестройки в минералогическом составе черноземов:

1) потеря прочносвязанных компонентов;

2) десмектизация тонкодисперсного материала пахотных горизонтов;

3) относительное увеличение содержания кварца (дробление в пылеватых фракциях).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При орошении черноземов необходимо учитывать как исходные свойства почв (макро- и микроагрегированность, биогенность и микроформы гумуса, а также признаки, связанные с внутрипрофильной дренированностью), так и качество оросительных вод. Максимально оба условия были соблюдены лишь в обыкновенных черноземах Заволжья, орошаемых около 50-ти лет волжской водой гидрокарбонатно-кальциевого состава. В результате сохранены агрегированность и биогенность на всех уровнях организации материала. За 50 лет орошения произошло лишь некоторое сближение агрегатов (их переупаковка), усиление биогенности и заметное иллювиирование гумуса с образованием темных гумусированных зон в нижней части пахотного горизонта.

В южных черноземах Одесской области при относительно удачном сочетании необходимых исходных свойств (агрегированность, микроформы гумуса и внутрпрофильная дренированность) и орошении более или менее благоприятной водой (в течение 25 лет) только частично сохраняется устойчивость структурного и гумусного состояния. Однако уже наблюдается неоднородность в агрегации и уплотнении общей массы, т.е. чередование хорошо оструктуренных зон с зонами, потерявшими пористость. Причиной такой неустойчивости структурного каркаса является повышенная дисперсность почвообразующего материала, активное снижение границы вскипания от карбонатов, а также несколько повышенное содержание магния в поливной дунай-днестровской воде (по сравнению с волжской).

Наиболее серьезные изменения в макро- и микростроении южных черноземов связаны с использованием щелочных вод опресненного оз. Сасык. В первые же два года орошения наблюдалась сильнейшая пептизация агрегированной гумусово-глинистой плазмы и латеральный отмыв ее в любые нанопонижения (борозды, рытвины), одновременно с этим происходило осветление верхних частей борозд и формирование прочной слоевато-ноздреватой поверхностной корки. С годами латеральный процесс иллювиирования плазмы дополнялся вертикальным, и происходило осолодение верхней части пахотного горизонта, а одновременно с этим и накопление иллювиированного ила, обогащенного обменным натрием в подпахотном горизонте, т.е. его осолонцевание. Исходное благоприятное сочетание структурных свойств чернозема, аналогичное выше описанному варианту, не смогло противостоять воздействию щелочных поливных вод.

Орошение южных черноземов сточно-бытовыми водами оказалось не столь неблагоприятным, как предполагалось. Настораживало относительно высокое содержание натрия в этих водах. Действительно за 20 лет орошения содержание поглощенного натрия увеличилось (местами до 5% от суммы поглощенных оснований) и несколько снизилась агрегированность, но благодаря высокому содержанию поверхностно активных веществ в воде, микроагрегированность черноземов остается достаточно высокой.

Изменение южных и карбонатных черноземов в результате длительного полива водами с повышенным содержанием магния

оказалось крайне негативным из-за подъема карбонатов кальция и магния в пахотный горизонт, вызвавшего переход плазмы из изотропно-агрегированного состояния в мелкокристаллическое. Это изменение микростроения плазмы вызвало утрату мезо- и микропористости и увеличение макропористости. Одновременно произошла цементация материала пахотного горизонта карбонатом магния и переход комковатой структуры в крупно глыбистую.

В слитых черноземах Ставрополья, обладающих рядом отрицательных показателей (высокой набухаемостью и низкой пористостью, оптической ориентировкой плазмы и кутанами давления, склонностью к коркуемости и цементации карбонатами), в процессе орошения эти признаки усиливаются, т.е. эти почвы не могут быть рекомендованы к орошению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенные материалы позволяют сделать три основных вывода генетико-эволюционного характера.

1. Профильное микростроение обыкновенных и южных черноземов подтверждает высказанную ранее микроморфологами Ярировой (1981) и Турсиной (2009) идею полигенетичности и разновозрастности их профиля, подтвержденных Чичаговой (1986) и Ивановым (2009) и др. Педотубульный высокопористый и хорошо агрегированный горизонт (на глубине 40–50 см), обогащенный углистым и пигментным гумусом, является реликтом атлантического термического максимума голоцена и существенно отличается по микростроению как от выше, так и ниже лежащих горизонтов. Высокая и устойчивая агрегированность педотубульного горизонта обеспечивает хорошую внутрипрофильную дренированность обыкновенных и южных черноземов.

2. Выявленная при орошении содовыми водами процессная взаимозависимость осолодения (в первые 2–3 года орошения) и осолонцевания (в последующие годы) показывает, что указанные процессы следует поменять местами. По Гедройцу осолодение является следствием осолонцевания, а не причиной, как было зафиксировано в наших наблюдениях при орошении черноземов щелочными водами.

3. Из всех описанных свойств черноземов и факторов почвообразования состав оросительных вод играет главенствующую

роль в эволюции орошаемых черноземов. Поливные воды минерализацией до 0.5–0.7 г/л могут считаться благоприятными для орошения. Минерализация вод 0.7–1.5 г/л является крайне неблагоприятной, так как вызывает высокую щелочность в орошаемых черноземах и развитие процессов осолодения, коркуемости и осолонцевания. В водах с минерализацией больше 1.5 г/л обычно заметно возрастает доля Mg относительно Na, и при орошении наблюдается подъем карбонатов в пахотный горизонт и карбонатная цементация (доломитизация) поверхностных горизонтов. Еще более высокое содержание Mg в оросительных водах может вызывать процессы ослитования черноземов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреев Г.И., Козлечков Г.А., Андреев А.Г.* Экологическое состояние орошаемых почв на Нижнем Дону. М.–Днепропетровск–Новочеркасск, 2007. 262 с.

2. *Биланчин Я.М.* Черноземы массивов орошения Одесчины в условиях ирригации и последующего прекращения ее в последние 12–15 лет // Вестник Одесского нац. ун-та. 2009. Т. 14. Вып. 7. С. 35–40.

3. *Гоголев И.Н., Турсина Т.В., Позняк С.П., Тортик М.И.* Влияние щелочных поливных вод на черноземы Заднестровья Украины // Почвоведение. 1990. № 12. С. 85–93.

4. *Егоров В.В.* О мелиоративном состоянии черноземов // Тез. Докл. VIII Всесоюз. Съезду почвоведов. Новосибирск, 1989. Кн. 5. С. 58.

5. *Иванов И.В., Чендев Ю.Г.* История формирования черноземов ЦЧО и современное состояние их гумусового профиля // География продуктивности и биогеохимического круговорота наземных ландшафтов. М., 2010. С. 67–77.

6. *Козловский Ф.И.* Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв. М.: Наука, 1991.

7. *Крупенников И.А., Подымов Б.П., Скрябина Э.Е.* Влияние орошения на свойства и плодородие почв // Обзорная информация Молд. НИИНТИ. Кишинев, 1985, 80 с.

8. *Лебедева (Верба) М.П., Лебедев М.А., Позняк С.П.* Микроморфологические признаки вторичного осолонцевания в орошаемых черноземах юга Украины (сравнение с целинными солонцами Северного Прикаспия // Вестник Одесского нац. ун-та. 2009. Т. 14. Вып. 7. С. 297–303.

9. *Медведев В.В.* Микроморфология антропогенных процессов в черноземах // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1981. Вып. XXVIII. С. 63–65.

10. *Николаева С.А., Розанов Б.Г.* Последствия орошения черноземов слабоминерализованными водами // Вестник с.-х. науки. 1990. № 3. С. 85–89.
11. *Позняк С.П. Чижикова Н.П., Шишов С.А.* Преобразование минеральной и органической компонент черноземов южных юго-запада Украины при орошении // Вестник Одесского нац. ун-та. 2009. Т. 14. Вып. 7. С. 338–344.
12. *Поляков А.Н.* Микроморфология черноземов Заволжской лесостепной провинции // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1981. Вып. XXVIII. С. 49–50.
13. *Приходько В.Е.* Внутригоризонтные морфоны степных почв и их трансформация под влиянием орошения // Почвоведение. 2005. № 11. С. 1285–1296.
14. *Розанов Б.Г.* Прогноз эволюции черноземов юга европейской части СССР при орошении // Проблемы генезиса и мелиорации орошаемых почв. Ч. 11. Почвы степной зоны, 1973. С. 67–76.
15. *Скворцова Е.Б., Андреев Г.И.* Изменение пористости террасовых черноземов Ростовской области под влиянием орошения // Микроморфология генетическому и прикладному почвоведению. Тарту, 1983. С. 78–79
16. *Скворцова Е.Б., Позняк С.Л.* Строение порового пространства как зеркало физической деградации пахотных почв // Вестник Одесского национального ун-та. 2009. Т. 14. Выл. 7. С. 349–356.
17. *Турсина Т.В.* Микростроение орошаемых черноземов // Плодородие черноземов в связи с интенсификацией их использования. М.: Наука, 1990. С. 228–234.
18. *Турсина Т.В.* Теоретические и практические проблемы орошения черноземов // Орошение почв юга России. Херсон, 1993.
19. *Турсина Т.В.* Микроморфологическая характеристика устойчивости черноземов к различным сельскохозяйственным воздействиям // Вестник Одесского нац. ун-та. 2009. Т. 14. Вып. 7. С. 369–375.
20. *Турсина Т.В., Барановская В.А., Азовцев В.И.* Изменение микростроения почв под влиянием длительного орошения // Почвенно-мелиоративные проблемы и пути повышения плодородия орошаемых земель юга УССР. М., 1978. С. 71.
21. *Турус Б.М.* Влияние орошения точными водами на свойства южных черноземов // Почвенно-мелиоративные проблемы и пути повышения плодородия орошаемых земель юга УССР. М., 1978.
22. *Чижикова Н.П.* Влияние орошения на изменение минералогического состава черноземов и каштановых почв // Почвоведение. 1995. № 1. С. 128–144.
23. *Чижикова Н.П.* Изменение минералогического состава черноземов при орошении // Почвоведение. 1991. № 2. С. 65–81.

24. *Чичагова О.Н.* Радиоуглеродная датирование почв: методика, интерпретация и применение. Эволюция и возраст почв СССР. Пущино, 1986. С. 76–93.
25. *Шеин Е.В., Николаева С.Н., Розов С.Ю.* Проблемы прогноза почвенно-экологических последствий орошения черноземов // Почвоведение. 1995. № 1. С. 115–121.
26. *Ярилова Е.А., Самойлова Е.М., Поляков А.Н., Макеева В.И.* Микроморфология черноземов Русской равнины и ее значение для диагностики и классификации // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1981. Вып. XXVIII. С. 29–31.

MICROMORPHOLOGICAL DIAGNOSIS OF THE STABILITY OF CHERNOZEMS UNDER IRRIGATION

T. V. Tursina

V. V. Dokuchaev Soil Science Institute of Russian Academy of Agricultural Sciences, 119017, Moscow, Pyzhevskii, 7
e-mail: tursina@agro.geonet.ru

Chernozems under irrigation for a long period of time have been studied using the micromorphological methods. The soil porosity, the amount of microaggregates, biogeneity, humus microforms and the presence or formation of optically oriented clay were taken as the basic indices for estimating the stability of chernozems to irrigation during 30-50 years. The different ionic composition of the irrigation water serves as evidence of varying anthropogenic evolution of chernozems.

Keywords: fabric, humus forms, optically oriented clay, solodization, compactness.