

**ВЛИЯНИЕ ОСУШЕНИЯ И АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ
НА МОРФОЛОГИЮ И МИКРОМОРФОЛОГИЮ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ**

Ж.А. Капилевич, кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. Высоченко, кандидат технических наук

РУП «Институт мелиорации»

Ключевые слова: минеральные почвы, почвенный покров, осушение, агромелиоративные мероприятия, морфологические и микроморфологические характеристики

Введение

Климатические условия, разнообразие рельефа и геолого-литологического строения почвообразующих пород обусловили выраженную пестроту почвенного покрова северной части республики. Здесь преобладают подзолистый, дерновый и болотный почвообразовательные процессы с формированием следующих основных типов почв: дерново-подзолистых, дерново-подзолистых заболоченных, дерновых, дерновых заболоченных, пойменных и торфяно-болотных. Наиболее распространенными почвообразующими породами являются ледниковые (моренные), водно-ледниковые (флювиогляциальные), озерно-ледниковые (лимногляциальные), древнеаллювиальные и озерно-болотные отложения.

Дерново-подзолистые заболоченные почвы сформированы в условиях застойного атмосферного увлажнения. Весной и осенью в верхней части профиля этих почв наблюдается застой влаги, а летом – ее недостаток. Во влажные периоды создаются условия для мобилизации железа, в засушливые – для его сегрегации. С застойным водным режимом связаны низкая кислотность, неблагоприятные водно-физические свойства и низкая водоудерживающая способность этих почв.

Дерновые заболоченные почвы сформированы под определяющим влиянием грунтовых или натечных (аллохтонных) вод в условиях постоянного притока растворенных веществ, которые обогащают верхние горизонты почв элементами питания растений. По сравнению с дерново-подзолистыми заболоченными почвами дерновые заболоченные характеризуются более высоким содержанием гумуса, выраженной комковатой структурой верхних горизонтов, близкой к нейтральной реакцией среды, высокой степенью насыщенности основаниями и высокой водоудерживающей способностью.

Иловато-глеевые и иловато-перегнойно-глеевые почвы, занимающие замкнутые понижения с застоем вод в течение почти всего периода вегетации, являются близкими по диагностическим признакам и свойствам к дерновым заболоченным почвам.

Различные соотношения периодов с переувлажнением, оптимальным увлажнением, недостатком влаги и, соответственно, периодов с протеканием окислительных и восстановительных процессов в разных почвах проявляются через различные соотношения между формами железа, что отражается на окраске оглеенных горизонтов. При разложении органического вещества в анаэробных условиях одновременно с высвобождением

фосфатов происходит восстановление железа. Фосфаты, вступая в реакцию с восстановленным железом, образуют гидрофосфаты закисного железа (вивианит), которые легко вымываются из верхних горизонтов почв. При усилении аэрации восстановленное железо в составе фосфатов вновь окисляется и становится слабо растворимым [1,2].

После осушения происходит значительное изменение свойств и диагностических признаков почв при сохранении различий между осушенными почвами разного гранулометрического состава и степени заболоченности [3]. Рядом авторов установлено обеднение верхней половины профиля осушенных почв мелкими фракциями и частичное их накопление в подстилающих горизонтах. Эти явления связываются с активизацией восстановительных процессов, приводящих к распаду первичных минералов и выносу его продуктов в нижележащие горизонты [4]. Ф.Р. Зайдельман и др. объясняют увеличение содержания ила в оглеенных горизонтах растворением и выносом из верхних горизонтов соединений несиликатного железа и тонких силикатных частиц. Многие исследователи отмечают обеднение гумусовых горизонтов осушенных почв органическим веществом, изменение состава органического вещества и расширение диапазона варьирования отношения $C_{ф}:C_{г}$ [1,5,6].

Агромелиоративные мероприятия, направленные на повышение осушительного действия дренажа и увеличение продуктивного потенциала осушенных почв, являются стрессовыми факторами воздействия на почвенное тело. Они вызывают смещение установившегося квазистационарного (подвижного) равновесия в протекании почвенных процессов и приводят к резкому изменению структурного состояния и водно-физических свойств почвы. Однако сроки сохранения эффекта от таких мероприятий, как правило, невелики (3-4 года), что обусловлено природой их воздействия на обрабатываемую почвенную толщу [7,8].

Микроморфологический анализ почвы как совокупность методов количественной оценки ее микроформ существенным образом дополняет другие методы исследований, особенно с точки зрения характеристики структурного состояния почв. Применение методов микроморфологического анализа позволяет выявить гетерогенность почвенной структуры, морфологию и распределение агрегатов и пор, степень расчлененности их контуров, межагрегатную порозность и ее долю в общей порозности, а также установить количественные соотношения между анализируемыми признаками, что позволяет повысить информативность и объективность исследований почвенного профиля, находящегося в стадии преобразования [4].

Объекты и методы исследований

Исследования проводились на опытно-производственных участках, заложенных в различных природно-мелиоративных районах: «Запрудье» в Сенненском, «Шарковщинский» в Шарковщинском районах Витебской области и «Коммунист» в Горецком районе Могилевской области.

Участок «Запрудье» расположен на территории Витебской опытно-мелиоративной станции и по своим условиям является типичным для групп природно-мелиоративных районов моренных возвышенностей и гряд, мелковолнистых водно-ледниковых равнин с пестрым почвенным покровом, близким уровнем почвенно-грунтовых вод, зим форм

мезо- и микрорельефа [9]. Почвообразующие породы имеют различный гранулометрический состав и преимущественно двучленное строение. В геоморфологическом отношении участок представляет собой пологоволнистую моренную равнину с наличием отдельных часто эродированных холмов и межхолмных понижений, что обусловило формирование почв разной степени заболоченности и высокую мелкоконтурность сельскохозяйственных угодий. Участок «Запрудье» площадью 140 га построен в 1981-1984 гг.

Шарковщинский стационар, расположенный на плоской слабодренированной заболоченной низине, характеризуется преобладанием в почвенном покрове дерново-подзолистых заболоченных почв, сформированных на озерно-ледниковых отложениях [9]. Общая площадь стационара 300 га. Осушение произведено гончарным дренажем с глубиной закладки дрен до 1 м и расстоянием между дренами 10-20 м. Территория стационара отличается выровненностью рельефа с наличием редких слабовыраженных повышений и многочисленных замкнутых понижений. На разных элементах рельефа сформированы почвы разной степени заболоченности.

Исследования проводились на следующих полевых опытах:

А – контроль (гончарный дренаж с междренными расстояниями 10 м и глубиной закладки дрен 1 м);

Б – глубокое рыхление на глубину 0,6 м на фоне гончарного дренажа (с параметрами по варианту А);

В – глубокое рыхление (с параметрами по варианту Б) с внесением химмелиоранта (фосфогипс + негашеная известь в соотношении 1:2 при внесении 15 т/га);

Г – рыхление-щелевание на глубину 0,8 м на фоне гончарного дренажа (с параметрами по варианту А).

Научно-производственный стационар «Коммунист» расположен в условиях преобладания пологоволнистых сильно- и среднерасчлененных платообразных равнин, часто с выраженным микрорельефом и множеством блюдцеобразных понижений (более 50 на 100 га) [9]. Плоский рельеф и двучленное строение почвенного профиля (лессовидные суглинки на моренных отложениях) способствовали избыточному увлажнению почв. Площадь стационара составляет 190 га. Осушение провели в 1981 г. систематическим и выборочным дренажем в сочетании с мероприятиями по организации поверхностного стока, а также полной или частичной засыпкой мелких западин и раскрытием их ложбинами стока.

Объектами исследований являются почвы избранных стационаров, состояние которых изучалось методами макро- и микроморфологии в динамике после проведения агромериторативных мероприятий. Изучение изменений в почвенном профиле проводилось путем фиксации промежуточных состояний почвы через 1, 2 и 4 года после выполнения мероприятий. В качестве дополнительных контролируемых показателей определялись следующие характеристики почв: структура, плотность, содержание органического вещества и коэффициент фильтрации [10,11]. Анализ илистой фракции почв проводился по методу Н.И. Горбунова [12]. Применение методов микроморфологии в дополнение к традиционному морфологическому описанию строения почвенного профиля позволило объективно, детально и количественно охарактеризовать даже начальные стадии процесса трансформации почв.

Результаты исследований

Осушенная временно избыточно увлажненная супесчаная почва на моренном суглинке (участок «Запрудье») через 10 лет после осушения характеризуется выраженной оструктуренностью практически всего профиля. В пахотном горизонте присутствуют небольшие количества железисто-гумусовых конкреций разного размера и ожелезненные растительные остатки разной степени разложения. Встречаются единичные включения пылевато-глинистого состава с анизотропной глинистой плазмой. Имеют место признаки миграции илистых частиц и гумуса вглубь почвенного профиля. Подзолистый горизонт отличается более светлой окраской и меньшей оструктуренностью. Минеральные зерна покрыты пленками из гумусовой глинистой плазмы. Около больших минеральных зерен нередко иллювиальные скопления гумусовой и гидроксидной плазмы.

В почвенном профиле четко выделяются три зоны:

- аккумулятивная (горизонты A_p и A_1) до глубины 30 см с преобладанием глинисто-гумусовой и гумусовой плазмы, в которой промежутки между минеральными зернами заполнены тонкодисперсными частицами, образовавшими пленки;
- элювиальная (горизонт A_2B_1g), в которой плазма находится только в виде пленок на минеральных зернах, состав плазмы изменяется с глинисто-гумусового на гидроксидно-глинистый, имеются гумусово-гидроксидные сепарации и слабо оформленные конкреции;
- иллювиальная (горизонты B_2C и Bg), где происходит накопление глинистой и железисто-глинистой плазмы, с плотной упаковкой минеральных зерен, в результате перераспределения зерен скелета образовались песчаные и пылеватые стяжения, отдельные участки пропитаны гидроксидами.

В окраске почвенных горизонтов присутствуют характерные для осушенных почв буроватые и палевые оттенки. Влияние осушения можно видеть по оструктуренности и «растянутости» гумусового горизонта за счет иллювиирования его в горизонт B_2C .

В пахотном горизонте дерново-подзолистой глееватой супесчаной почвы, подстилаемой легким суглинком, после осушения появляются пятна с низким содержанием гумуса, заметно снижается содержание илистых частиц с возрастанием их ожелезненности.

Присутствуют признаки выноса тонкодисперсных фракций, на минеральных зернах отсутствуют гумусные пленки, что является первым признаком элювиирования. Плазма располагается между зернами скелета в виде сгустков, не заполняя полностью промежутки. Крупные песчаные зерна трещиноваты, трещины заполнены гидроксидами железа, некоторые зерна целиком покрыты ими. В обилии имеются растительные остатки, как ожелезненные, так и в стадии гумификации. В горизонтах A_2g и A_2B_1g вынос илистых частиц усиливается, в этих горизонтах сильно выражены процессы выветривания, о чем свидетельствует железистая инкрустация минеральных зерен и наличие выветренных слюдистых минералов. Структурные отдельности, сложенные из минеральных зерен и пылеватых пленок, разделены порами-каналами. Крупные минеральные зерна имеют трещины, заполненные гидроксидами. В иллювиальном горизонте накопление тонкодисперсных частиц выражено преобладанием пылеватой фракции, содержание крупной и средней песчаной фракции уменьшилось, горизонт пропитан карбонатами гидроморфного происхождения, имеются карбонатные конкреции.

Таблица 1. Изменение свойств супесчаных почв после осушения

Горизонт	Глубина, см	Плотность, г/см ³		Гумус, %		К _ф , м/сут	
		до осушения	после осушения	до осушения	после осушения	до осушения	после осушения
Дерново-подзолистая временно избыточно увлажненная							
Ап	5-15	1,39	1,31	2,1	1,7	0,47	1,08
А ₂ В ₁ (g)	35-45	1,53	1,48	-	следы	0,19	0,45
В ₁ g	50-60	1,62	1,60	-	следы	0,05	0,12
CDg	90-100	1,67	1,67	-	-	0,01	0,01
Дерново-подзолистая глееватая							
Ап	5-15	1,32	1,25	2,5	1,9	0,82	1,15
А ₂ (g)	40-50	1,50	1,45	-	-	0,36	0,73
А ₂ В ₁ (g)	50-60	1,65	1,60	-	0,3	0,45	0,70
Вg	70-80	1,68	1,70	-	следы	0,08	0,06
Dg	140-150	1,70	1,70	-	-	0,01	0,01
Дерновая глеевая							
Ап	5-15	1,21	1,00	5,3	3,8	0,89	1,7
А ₁ Ап	45-55	1,33	1,06	3,9	2,1	0,75	1,7
Вg	80-90	1,72	1,64	-	0,3	0,03	0,09
DG	100-110	1,68	1,68	-	-	-	-

В табл.1 приведены данные по изменению свойств супесчаных почв после осушения. Плотность верхней половины профиля заметно уменьшилась. Можно констатировать также уменьшение содержания гумуса в пахотном горизонте и вынос его вглубь почвенного профиля. Величина коэффициента фильтрации пахотного горизонта возросла в 1,4-2,2, подпахотного – до 3 раз.

В дерновой глеевой супесчаной почве после осушения существенно изменяется содержание гумуса, что подтверждается результатами микроморфометрического анализа. В гумусовом горизонте дерновой глеевой супесчаной почвы после осушения появились скопления минерализованного органического вещества, в окраске горизонта характерные гумусовые тона стали приглушенными, возникли широкие трещины, разделяющие структурные отдельности, горизонт приобрел рыхлость и стал неоднородным по плотности сложения. Глинисто-гумусовая плазма, располагаясь между минеральными зёрнами, скрепляет их. Плотность подстилающих горизонтов достаточно высокая, плазма содержит примесь гумуса, в более светлых оглеенных фрагментах плазма содержится только в виде пленок на минеральных зёрнах, иногда эти пленки прерывистые. Округлые поры расположены гнездами и часто окружены отложениями из гидроксидов в форме трубочек. Распространены мелкие натечные образования и единичные конкреции. О преобладании аэробных процессов свидетельствуют бледные охристые ореолы вокруг пор.

Проведенные исследования показали, что генетические горизонты тяжелых минеральных почв после осушения также претерпевают радикальные изменения, причем протекание почвообразовательного процесса в осушенных почвах разной степени заболоченности имеет свои отличительные признаки и закономерности. Наиболее заметны последствия этих процессов в гумусовых горизонтах [2].

Характерной особенностью гумусовых горизонтов осушенных почв являются неоднородность и осветление окраски, особенно отчетливо проявляющиеся в микростроении. Среди причин появления большого количества мелких осветленных участков следует назвать:

- повышение интенсивности минерализации органического вещества после осушения, что приводит к образованию участков, лишенных гумуса;
- усиление элювиальных процессов, приводящее к формированию микроучастков, обедненных плазмой и гидроксидными соединениями, а также значительному осветлению оставшейся плазмы;
- наличие в гумусовом горизонте фрагментов припаханного элювиального горизонта вследствие более глубокой вспашки.

Осушение способствует заметному уменьшению содержания гумуса в пахотных горизонтах почв, что особенно выражено в глеевых почвах. Несколько медленнее меняются элювиально-глеевые горизонты. Скорость изменения морфологических признаков этих горизонтов уменьшается с усилением гидроморфизма.

Морфологическое и микроморфологическое описание почв на озерно-ледниковых глинах, осушенных более 40 лет назад гончарным дренажем (опытно-производственный участок «Шарковщинский»), подтверждает описанные выше общие диагностические признаки и особенности структурной организации осушенных почв.

Разрез 1-В представляет собой осушенную дерново-подзолистую слабogleеватую почву (пашня):

A _n 0-31 см	Серо-коричневый, прочной мелкокомковатой структуры, основная масса корней, ходы землероев, в нижней части горизонта мелкокремнеземистая белесая присыпка, средней суглинок, переход ровный, ясный. Горизонт отличается хорошей оструктуренностью, в нижней части горизонта она хуже; общее содержание илистой фракции в поле шлифа, характер глинистых кутан на минеральных зернах и состояние глинистых лент свидетельствуют о яркой выраженности элювиальных процессов, в результате чего произошел вынос ила и гидроксидов, в особенности из нижней части горизонта.
A ₂ B _{1g} 31-42 см	Белесый, бурые пятнышки, крупноореховатой структуры, по разломам отдельностей серый налет, крохкий, единичные корни растений, глина легкая, переход заметный. В горизонте сочетаются черты элювиального (участки с очень низким содержанием плазмы) и иллювиального (участки, обогащенные плазмой) горизонтов. Признаки гидроморфизма проявляются в виде мелких сизовато-зеленоватых пятен. Хорошо выражена трещиноватость.
B _{2caq} 42-78 см	Коричневый, плотный, крупноореховатой структуры, по граням отдельностей пленка сизовато-серого цвета, глина та же, переход ровный, заметный. Наиболее характерными являются участки, обогащенные гумусом, что свидетельствует о привносе органического вещества из верхних горизонтов почвенного профиля. Отсутствие илистых наносов в горизонте связано, вероятно, с удалением ила с дренажными водами.
C _{ca(g)} 78-100 см	Темно-коричневый, ореховатой структуры, карбонатные валунчики диаметром до 1 см, сизовато-зеленые пятна, плотный пластичный, тонкопористый, озерная глина. С глубины 78 см появляются карбонаты, которые присутствуют только в конкрециях, в плазме карбонаты не содержатся.

Разрез 2-В заложен на осушенной глеевой среднесуглинистой почве (пашня):

A _n 0-28 см	Неоднородной окраски с коричневато-сизым оттенком, сильно уплотнен, мелкие ржаво-охристые пятнышки, бесструктурный, суглинок средний, переход неровный, заметный. Горизонт представляет собой нанесенный слой, который еще слабо прогумусирован, хотя уже выделяются отдельные участки, обогащенные гумусом и железом, слой плохо оструктурен.
---------------------------	--

A _{погр.} 28-50 см	Темно-серый, рыхлый, мелкокомковатой структуры, корни растений, редкие рыхлые конкреции, суглинок средний, переход ровный, на границе перехода сплошная ржаво-охристая полоса. Погребенный горизонт хорошо оструктурен, отличается высоким содержанием гумуса. Вся толща охвачена элювиальными процессами, краевые части педов осветлены за счет потери гумуса. В настоящее время погребенный горизонт приобрел некоторые черты иллювиального горизонта, о чем свидетельствуют небольшие скорлуповидные натёки в порах. В нижней части горизонта имеются явные признаки выноса органического вещества и ила, выражены процессы ожелезнения по краям, реже внутри педов, главным образом за счет железа, выносимого из гумусового горизонта.
A _{2g} 50-60 см	Сизовато-белесый, охристые пятнышки, пористый, листоватого сложения, единичные корни растений, мелкие конкреции, глина легкая, переход ровный, ясный. Горизонт хорошо оструктурен и насыщен рыхлыми конкрециями.
C _{саг} 60-100 см	Серовато-сизый, охристые пятнышки, горизонтально-слоистый, озерно-ледниковая глина, чередуются прослойки серого песка и голубоватой глины, видны сдвиги, нарушение слоистости.

В осушенных почвах содержание физической глины в пахотных горизонтах уменьшилось на 2-5 % , а в подпахотных – на 10-11 % за счет частичного выноса тонких фракций с дренажным стоком. При этом началось формирование зоны накопления, которая в менее заболоченных почвах располагается на большей глубине. Если во временно избыточно увлажненных почвах эта зона расположена на глубине 100-110 см, то в глееватых – на глубине 90-100 см, а в глеевых – на глубине 80-90 см. Эта зона вследствие закупорки активных пор тонкодисперсной фракцией является слабОВОДПРОНИЦАЕМЫМ экраном с $K_f=0,000n$, м/сут.

В пахотных горизонтах мелиорированных почв видимая пористость увеличивается в 4-5 раз, в подпахотных – в 1,5-2,0 раза, при этом коэффициент фильтрации возрастает, соответственно, в 9-10 и в 3-20 раз. Максимальное изменение K_f отмечено в оглеенных горизонтах [3].

Усиление промывного режима способствует значительному ускорению преобразования и разрушения глинистых лент, что в свою очередь приводит к потерям тонкодисперсного вещества. Косвенным показателем протекания процесса формирования почвенного профиля (генетических горизонтов) осушенных почв может служить вертикальное перераспределение микроагрегатов. Для изучаемых почв характерна высокая микроструктурность с преобладанием микроагрегатов размером 0,25-0,01 мм (до 57-86 %), имеющих внутриагрегатную пористость, где возможно сосредоточение воды и микроорганизмов. Наибольшее количество таких агрегатов содержится в пахотных горизонтах, причем их количество возрастает от глеевых к глееватым и временно избыточно увлажненным почвам как в верхних, так и в подстилающих горизонтах.

В первые годы после осушения происходит разрушение почвенных минералов и Al_2O_3 закрепляется в виде труднорастворимых соединений и новообразований вторичных минералов, поэтому миграция соединений алюминия затруднена [5,6]. Усиление промывного режима сопровождается вымыванием (выщелачиванием) карбонатов путем превращения их в растворимые бикарбонаты под действием углекислоты, образующейся в результате жизнедеятельности растений и почвенных микроорганизмов [6]. Содержание CaO увеличивается вглубь почвенного профиля. Усиленное вымывание CaO приводит к значительному обеднению почв элементами питания, ослабляет способность к регулированию насыщенности почвенного комплекса и изменяет реакцию почвенного раствора.

Таблица 2. Содержание гумуса и коэффициент фильтрации осушенных тяжелых почв

Генетический горизонт	Глубина, см	Содержание гумуса, %	Коэффициент фильтрации, м/сут
Разрез 1-В			
A _n	0-31	2,0	0,14
A ₂ B _{1g}	31-42	1,1	0,021
B ₂ C _{ag}	42-78	0,8	0,064
C _{ag}	78-100	0,4	
Разрез 2-В			
A _n	0-28	2,8	0,22
A _{ногр.}	28-50	4,2	0,31
B _g	50-60	1,3	0,0089
C _g	60-100	0,3	0,0035

Применение на фоне гончарного дренажа дополнительных агро-мелиоративных мероприятий: глубокого рыхления, глубокого рыхления с внесением химмелиорантов, рыхления-щелевания и планировки поверхности существенно влияет на свойства и морфологические признаки почв.

Глубокое рыхление осушенных почв способствует увеличению объемов отводимой дренажем влаги в 1,5-2,0 раза. По данным ряда авторов, оно значительно улучшает гидрофизические свойства почв [7,8]. Этот агро-мелиоративный прием способствует перемещению воднопептизируемого ила А в нижележащие горизонты и частичному выносу его с дренажным стоком за пределы осушаемого участка. Так, через два года после глубокого рыхления количество ила А на глубине 60 см уменьшилось с 7 до 4 %. Самое значительное уменьшение содержания ила А произошло во временно избыточно увлажняемых почвах: в A_n – с 1,26 до 0,6 %; в A_{2g} – с 3,3 до 0,97; в B_gC – с 7 до 2,3 %. В пахотных горизонтах глееватых почв отмечены незначительные изменения в содержании ила А (с 1,59 до 1,28 %), в иллювиальных горизонтах – значительные (с 7 до 2,6 %). На глубине 70-80 см установлено накопление ила А, вымываемого из верхних горизонтов, здесь его содержание возросло с 8,5 до 9,2 %. В глеевых почвах через два года после глубокого рыхления практически не отмечалось изменения содержания ила А.

Глубокое рыхление способствует изменению дифференциальной порозности почв. При коэффициенте разрыхления 1,15 общий объем дренирующих пор возрастает на 2-3 %, а при коэффициенте разрыхления 1,21 и 1,35, соответственно, на 4 и 6 %. Примерно в таком же соотношении возрастает количество мезо- и микропор, что свидетельствует о возрастании водоудерживающей способности подпахотных горизонтов почв. В первый год после рыхления порозность аэрации в слое 0-50 см увеличилась с 5 до 11 %, а через три года поры аэрации составляли уже только 8% объема пор. Аналогичная закономерность отмечена в изменении коэффициента фильтрации – в первый год после проведения рыхления K_ф увеличился в 26 раз, однако через четыре года после проведения рыхления K_ф был только в 2,8 раза выше, чем до его проведения.

На полосах рыхления через один год после его проведения в почвенном профиле

явственно выделяется конус рыхления, заполненный материалом верхних горизонтов, заметны сдвиги почвенных слоев, крупные трещины и разломы. Границы почвенных горизонтов неровные, смятые. Почвенная масса разбита разветвленной сетью трещин на крупные глыбы и агрегаты неправильной формы. В зоне рыхления доминирует грубая неоднородность структуры. Исчезла плужная подошва, о чем свидетельствует произошедшее выравнивание в зоне рыхления плотности почвы. Отмечено уменьшение содержания гумуса в верхнем горизонте и в слое 20-40 см. Коэффициент фильтрации в средней части почвенного профиля возрос в 16 раз.

Наиболее отзывчивой на глубокое рыхление оказалась средняя часть почвенного профиля (30-40 см). Именно здесь отмечены максимальные изменения почвенной структуры. Разрез 9 заложен на полосе глубокого рыхления через год после закладки опыта.

А _п 0-28 см	Темно-серый неоднородной окраски с включениями фрагментов подпахотного горизонта, крупные трещины и разломы, глыбистый, железистые конкреции разного размера и плотности, корни растений, суглинок средний, влажный, в нижней части горизонта четко выражен след прохода ножа рыхлителя в виде гетерогенной смеси разнородного почвенного материала.
В _{1g} 28-51 см	Ржаво-охристого цвета с белесовато-сизыми пятнами и включениями гумусового горизонта, рыхлого сложения, крохкий, грубо-глыбистый, трещины, глина, свежий, на нижней границе горизонта виден след прохода ножа рыхлителя, заполненный смесью гумусового и иллювиального горизонтов, переход неровный, ясный, в виде конуса.
В _{2g} 51-78 см	Ржаво-бурого цвета, верхние 5-10 см несут следы искусственного нарушения, остатки корней древесной растительности, тупиковые конусовидные трещины, крупно-ореховатой структуры, глина, влажный, переход ровный, ясный.
В _{3Cag} 78-125 см	Ржаво-бурого цвета, сильно уплотнен, вертикальные и горизонтальные жилы и прожилки сизого цвета, вскипает, глина, мокрый, переход ровный, ясный.
С _{ca} 125-135 см	Ленточная глина

Повторенные через два года после проведения глубокого рыхления морфологические и микроморфологические исследования показали, что к этому времени в почвенном профиле уже возникли признаки регенерации структурного состояния и гомогенизации почвенной массы. Наряду с явными следами рыхления появилась некоторая упорядоченность структурного состояния, заметно снизилось количество крупных трещин и разломов, на базе которых формируются крупные поры. Микроморфологическими исследованиями установлено, что в верхних горизонтах оформились крупные структурные отдельные, разделенные порами-трещинами, отличающиеся невысокой внутриведной порозностью. Разрыхленная масса по-прежнему сохраняет неоднородную окраску. На границе рыхления видны натечные глинистые образования светлой окраски, которые несут следы турбации и смятия. Наблюдается деформация и заметное сужение конуса рыхления.

Изучение порового пространства показало, что если в верхнем горизонте контрольного участка основная доля крупных пор (54 %) имеет диаметр 0,5-1,0 мм, то после рыхления количество крупных пор возрастает и максимальное их количество (40 %) составляют поры диаметром 1-2 мм. Можно отметить некоторое возрастание плотности как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах, хотя ее величина все еще значительно ниже, чем на

контрольном участке (без рыхления). Содержание органического вещества практически не изменилось по сравнению с предыдущим годом. В средней части почвенного профиля за этот период произошло уменьшение коэффициента фильтрации примерно в 3 раза.

Через четыре года после глубокого рыхления произошла определенная стабилизация разрыхленной толщи, границы почвенных горизонтов выравниваются, остатки системы грубых трещин заменились крупными некапиллярными порами, трещины исчезли. В нижней части гумусового горизонта выделяется зона серо-бурой окраски, представляющая собой продукт взаимодействия и упорядочения хаотично перемешанных при проходе рабочего органа рыхлителя почвенных слоев. Содержание макропор ($d > 600$ мкм) заметно уменьшилось, но все еще выше, чем на контроле. Эффект рыхления практически затух. Основные водно-физические характеристики почвы приблизились к исходным. Однако последствия глубокого рыхления все еще можно наблюдать визуально на морфологии верхней половины почвенного профиля. По сравнению с исходным состоянием отмечается увеличение мощности гумусового горизонта за счет перемешивания его с иллювиально-глеевым горизонтом. В иллювиально-глеевом горизонте на глубине 50-60 см следы рыхления сохранились слабо, и лишь на глубине 30 см присутствуют остатки пор-трещин, закрепленные корневой системой растений.

Одним из способов закрепления эффекта глубокого рыхления почвы является применение в качестве физического стабилизатора структурного состояния почвы химмелиоранта. В результате макро- и микроморфологического изучения отобранных образцов почв было установлено, что через год после внесения химмелиоранта происходит улучшение структуры верхней половины профиля (пахотного и элювиального горизонтов). Появилась хорошо выраженная оструктуренность, возникли компактные карбонатные скопления. Почвенная масса краевых частей структурных отдельностей пропитана карбонатами. Преобладают крупные поры диаметром больше 0,5 мм. Глубже 50 см профиль изменен слабо, за исключением зон окисления по краям педов и вокруг пор. Увеличилось количество водопрочных агрегатов, изменились плотность и общая порозность почв. Послойное измерение K_f показало, что при внесении химмелиоранта K_f пахотного горизонта возрос в 2,4, а иллювиальных горизонтов – в 5-40 раз (табл.3).

Таблица 3. Коэффициент фильтрации, м/сут

Вариант опыта	Глубина, см	Время после закладки опыта, годы		
		1	2	4
Глубокое рыхление	5	0,20	0,15	0,17
	22	0,24	0,08	0,02
	50	0,046	0,02	0,02
Глубокое рыхление + химмелиорант	5	0,41	0,25	0,21
	22	0,60	0,43	0,12
	50	0,12	0,09	0,04
Контроль	5	0,17	-	-
	22	0,015	-	-
	50	0,023	-	-

Через два года после проведения мероприятия в верхней половине профиля (0-50 см) все еще присутствует выраженная неоднородность окраски – имеют место сочетания участков грязно-бурого, серовато-зеленого и ярко-бурого цвета. Серовато-зеленые участки плазменно-пылеватые, встречаются единичные глинисто-железистые стяжения. Грязно-бурые участки в основном пылевато-глинистые, имеются рыхлые глинисто-железистые стяжения. Ярко-бурые участ-

ки представляют собой фрагменты иллювиального горизонта, они несколько обеднены гидроксидами железа, сложение их глинистое с включением пылеватого материала, присутствуют единичные нитевидные гидроксидные стяжения. Имеет место выраженная оструктуренность, внутripедных пор немного, структурные отдельности разделены порами-трещинами. Отмечается наличие компактных карбонатных скоплений, плазма краевых частей педов пропитана карбонатами.

Подпахотный горизонт также характеризуется неоднородностью окраски и сложения, сочетаются участки бурые, белесовато-зеленые и ярко-бурые, представляющие собой фрагменты иллювиального горизонта. Бурые участки наиболее гумусированы и насыщены органическими остатками, они представляют собой видоизмененный материал пахотного горизонта. Здесь также видны карбонатные стяжения. Оструктуренность все еще неясная, так как деление на педы еще не завершилось. Внутripедная порозность низкая.

На глубине 50-60 см также видны следы трансформации почвенной массы, оструктуренность невыраженная, преобладают крупные поры неправильной формы. Глубже 60 см почвенный профиль менее изменен, за исключением зон окисления по краям структурных отдельностей и вокруг крупных педов.

По сравнению с вариантом Б здесь отмечается увеличение содержания крупных пор и возрастание их преобладающего диаметра. С увеличением глубины влияние данного мероприятия на поровое пространство почвы уменьшается и на нижней границе зоны рыхления полностью исчезает. К этому времени происходит сближение вариантов Б и В по величине плотности. Все изменения в содержании органического вещества также завершены. Максимальный эффект от мероприятия фиксируется в средней части профиля, где произошло пятикратное увеличение K_f по сравнению с вариантом Б.

Через четыре года, в отличие от варианта Б, в почвенном профиле все еще присутствует неровность границ горизонтов, ясно видны следы перемешивания почвенного материала, заметны вкрапления извести. В зоне внесения химмелиоранта четко выражена комковато-зернистая структура.

Рыхление-щелевание почв приводит к нарушению почвенного профиля на глубину 0,8 м, причем до глубины 0,75 м прослеживаются следы просыпавшегося гумусового горизонта. Но если до глубины 0,4 м гумусовый горизонт заполняет практически все пространство выполненной щели, то в иллювиальных горизонтах просыпание гумусового горизонта прослеживается в виде присыпок по граням структурных отдельностей. Образовавшаяся тонкая гумусовидная пленка (присыпка) препятствует набуханию и деструкции отдельных агрегатов, придает им буферность, а также препятствует смыканию щели после промерзания и оттаивания почвы.

Раскопки через год после закладки опыта показали, что почти все пространство щели до глубины 0,4 м заполнено гумусовым горизонтом. В иллювиальном горизонте следы гумусового горизонта наблюдаются в виде присыпок по граням структурных отдельностей.

Разрез 10 характеризует состояние щели через год после закладки опыта.

По строению нижней части профиля разрез 10 аналогичен разрезу 9.

Ап 0-24 см	Серый, мелкокомковато-зернистой структуры, основная масса корней, вкрапления Мп, ржаво-охристые пятнышки, суглинок средний, свежий, переход неровный, постепенный.
А ₂ Ап 24-41 см	Сизовато-серый, неравномерной окраски, чередуются сизо-серые и ржаво-охристые пятна, к низу горизонт сильно осветлен и имеет сизовато-пепельную окраску, плотный, распадается на столбчатые отдельности, по разломам которых видны затеки гумусового горизонта, тонкопористый, пластинчато-листоватый, по граням структурных отдельностей корни растений, пронизывающие весь горизонт, суглинок тот же, свежий, переход неровный, ясный, языками.
В ₁ g 41-68 см	Светло-бурый, неравномерной окраски, пятна и затеки гумусового горизонта, сизовато-охристые пятнышки, плотный, распадается на столбчатые отдельности, средне- и крупнопористый, кутаны и натеки вокруг корней, по разломам отдельностей серо-сизый налет, глина легкая, влажный.

Через два года почвенная масса в щели приобретает более компактное сложение, по всей глубине щели отмечается заметное уменьшение коэффициента фильтрации, в то время как нижняя часть профиля имеет большую водопроницаемость.

По сравнению с описанными выше мероприятиями рыхление-щелевание оказало самое сильное воздействие на структурное состояние почвы в зоне самого мероприятия, что выразилось в чрезвычайном возрастании количества дренирующих пор, в особенности в средней части профиля. Это повлекло за собой существенное уменьшение плотности и возрастание скорости фильтрации до провальной. Однако следует отметить, что все это достигнуто ценой механического просыпания материала гумусового горизонта в нижележащие слои почвы.

Через четыре года описанные локальные изменения в распределении гумуса по глубине щели сохранились. К этому времени в щели начинается оформление границ почвенных горизонтов, происходит формирование осветленного подзолистого горизонта в виде фрагментов, появляется ржаво-охристая окантовка по ходам корней, в глеевом горизонте появляется ореховато-столбчатая структура, а сам горизонт теряет свою первоначальную слитость.

Таблица 4. Влияние рыхления-щелевания на структуру почвы

Вариант опыта	Коэффициент структурности	Критерий водопрочности	Фактор структурности
Щель над дренажной	6,92	8,19	66,3
Между щелями	4,52	4,92	58,4
Контроль	2,89	4,94	52,5

По показателям, характеризующим почвенную структуру, почвенная масса непосредственно в месте проведения мероприятия оценивается как более структурная: коэффициент структурности, критерий водопрочности, фактор структурности почвенной массы в щели намного выше этих показателей в образцах почв, отобранных между щелями и на контроле (табл. 4)

Раскопки щелей и проведенные исследования показали, что через два года после закладки опыта почвенная масса в щели упаковалась более компактно (плотность возросла с 1,28 до 1,32 г/см³), а К_ф значительно изменился по всей длине щели. При этом фильтрационные свойства почвы в заложенной щели все еще заметно лучше, чем до ее заложения или на удалении от нее (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициент фильтрации, м/сут

Место определения	Слой почвы, см	Время после закладки опыта, годы	
		1	2
Щель	0-21	0,40	0,48
	21-41	8,29	0,96
	41-68	Провальная фильтрация	1,3
Между щелями	0-29	0,30	0,45
	29-48	0,092	0,074
	48-80	0,013	0,025

Планировка поверхности (участок «Коммунист») вследствие срезки, подсыпки и перемещения подчас значительных объемов пахотного слоя почвы приводит к кардинальному изменению верхнего почвенного горизонта, что имеет место на всей обработанной площади как на повышенных, так и в пониженных элементах рельефа.

После планировки в понижениях почвенный профиль приобретает верхний чужеродный слой, который даже через два года после проведения работ еще не начинает гомогенизоваться. Новым диагностическим признаком этого слоя является наличие большого количества железисто-марганцевых конкреций. Гумусированность слоя очень низкая, морфологически в шлифах она не просматривается. В погребенный гумусовый горизонт при вспашке попадает чужеродный материал, который визуально очень отличается от основной массы горизонта, достаточно сильно прогумусированной. Однако в окраске горизонта уже появились осветленные участки, что может быть как результатом минерализации органического вещества, так и результатом элювиирования. Этот горизонт в некоторой степени является иллювиальным по отношению к верхнему привнесенному горизонту, о чем свидетельствует наличие глинистых кутан. Нижняя часть профиля в основном не претерпевает изменений, за исключением формирования зон окисления по краям педов и вокруг пор, которые выделяются бледно-бурой окраской.

В одном ряду с планировкой поверхности стоит такой способ агромелиорации как засыпка западин, рекомендуемая для ликвидации небольших блюдцеобразных понижений площадью менее 0,2 га. Через два года после засыпки понижений плотность почвы в местах подсыпок существенно возросла, а водопроницаемость уменьшилась.

Разрез 88 характеризует строение профиля дерново-палево-подзолистой глееватой почвы через шесть лет после засыпки понижения.

A_n 0-35 см Коричнево-серый, плотный, вкрапления марганца, корни растений, свежий, пылеватый суглинок, переход ровный, ясный.

$A_{пор.}$ 35-77 см Черно-сизый, уплотненный, вокруг единичных корней сизые прожилки, редкие рыхлые конкреции, влажный, суглинок легкий пылеватый, переход языками, ясный.

A_{2g} 77-90 см Сизовато-белесый, глубоко внедряется в нижележащий горизонт, вкрапления марганца, уплотнен, супесь связанная пылевато-песчанистая, переход ясный, языками.

B_{ig} 90-120 см Коричнево-палевый, по всему горизонту вертикальные прожилки и жилы белесовато-сизого цвета шириной до 0,8 см, уплотненный, крохкий, по разломам белесая присыпка, средний пылеватый суглинок.

Таблица 6. Изменение свойств почвы понижения после его засыпок

Глубина, см	Содержание гумуса, %			Плотность, г/см ³			Полная влагоемкость, %	
	до за- сыпки	после засыпки, лет		до засыпки	после засыпки, лет		до за- сыпки	через 15 лет
		6	15		6	15		
10-20	3,35	1,47	1,72	1,26	1,65	1,57	52	44
20-30	3,36	1,30	1,40	1,39	1,60	1,70	47	38
40-50	-	3,42	2,75	1,53	1,61	1,67	42	41

Как следует из морфологического описания, через шесть лет после осушения и засыпки западины погребенный горизонт приобретает признаки иллювиирования и оглеения. Плотность его достигает 1,51-1,58 г/см³, по сравнению с верхним горизонтом увеличивается содержание частиц физической глины (на 2,6-4,2 %) и K_f уменьшается с 0,79 до 0,19 м/сут (табл. 6). Плотность почвы западин после их засыпки существенно увеличивается, а водопроницаемость уменьшается. Происходящее локальное ухудшение водно-физических свойств почвы вызывает длительное переувлажнение верхних горизонтов почвенного профиля даже после ликвидации луж, что в свою очередь под-держивает развитие процессов заболачивания.

Выводы

1. Выполнение агро-мелиоративных мероприятий вызывает протекание комплекса процессов, которые в своей совокупности определяют эволюцию почвы в новых изменившихся условиях. Изучение последовательных состояний почвенного профиля позволяет вскрыть природу воздействия этих мероприятий и установить причины недолговременности их действия.

2. На всех вариантах опытов при проведении агро-мелиоративных мероприятий происходит механическое нарушение почвенной массы, состоящее в разрыхлении и перемешивании, что вызывает улучшение структурных характеристик, фильтрационных свойств и водно-воздушного режима. Однако при этом происходит обеднение гумусовых (пахотных) горизонтов органическим веществом.

3. Структурное состояние, фильтрационные свойства и плотность дерново-подзолистых заболоченных и дерновых глеевых супесчаных почв после осушения изменяются более существенно по отношению к тяжелым почвам.

4. Процессы трансформации почвенного профиля после глубокого рыхления почвы практически стабилизируются через четыре года. К этому времени основные почвенные характеристики восстанавливаются до исходных, хотя некоторое улучшение структурного состояния сохраняется.

5. Формирование почвенного профиля после глубокого рыхления с внесением химмелиоранта происходит медленнее и через четыре года еще не завершается. Внесение химмелиоранта оказывает стабилизирующее влияние на почвенную структуру. Почва приобретает новые качественные признаки и режимные характеристики.

6. Рыхление-щелевание вызывает значительное изменение почвы локально в щели. Оформление антропогенно преобразованного почвенного профиля завершается через четыре года.

7. Планировка поверхности почвы и засыпка понижений приводят к кардинальному изменению строения верхней половины почвенного профиля: уменьшению мощности пахотного горизонта (в случае его срезки) или увеличению его мощности с формированием погребенного горизонта (в случае засыпки). Характерным диагностическим признаком нового пахотного горизонта является повышенная плотность и образование большого количества железисто-марганцевых конкреций. Постепенно в погребенном горизонте формируются признаки иллювирирования и оглеения.

Литература

1. Зайдельман, Ф.Р. Процесс глееобразования и его роль в формировании почв/ Ф.Р. Зайдельман. – М.: МГУ, 1998. – 300 с.
2. Высоченко, А.В. Генезис и эволюция осушенных почв, развитых на озерно-ледниковых отложениях/ А.В.Высоченко, Ж.А.Капилевич // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – №1(5), – С.106-113.
3. Капилевич, Ж.А. Трансформация почв, развитых на озерно-ледниковых глинах, под влиянием дренажа/ Ж.А.Капилевич, Л.К.Целищева, А.В.Высоченко // Почвоведение. – 1991. – №2. – С.13-22.
4. Целищева, Л.К. Изменение морфологии почв на пермских глинах под влиянием дренажа/ Л.К.Целищева, Ф.Р.Зайдельман, А.Д.Старцев.// Микроморфология антропогенно измененных почв. – М.:Наука, 1988. – С.129-138.
5. Зайдельман, Ф.Р. Современные проблемы мелиорации почв Нечерноземной зоны/ Ф.Р.Зайдельман. //Природные условия Нечерноземной зоны – М., 1982. – С.157-168.
6. Шницковская, Г.Я. Изменение свойств и плодородия полугидроморфных почв под воздействием осушительной мелиорации/ Г.Я. Шницковская. //Автореф. канд. дис. – Мн., 1984. – 19 с.
7. Опыт применения глубокого рыхления при осушении тяжелых минеральных почв. Обзор. информ./ ЦБНТИ Минводхоза СССР. – М., 1978. Вып. 15. – 60 с.
8. Брусиловский, Ш.И. Повышение осушительного действия дренажа на тяжелых почвах методами структурной мелиорации / Ш.И.Брусиловский, Ж.А.Капилевич, А.В.Высоченко //НТИ. Мелиорация и водное хозяйство. – 1990. – Вып.6. – С.16-20.
9. Рекомендации по установлению нуждаемости переувлажняемых минеральных почв в осушении// Сост. Ш.И.Брусиловский, Ж.А.Капилевич, Т.А.Романова, Т.Н.Пучкарева. – Мн., 1978. – 39 с.
10. Качинский, Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения./ Н.А. Качинский. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 192 с.
11. Полевое исследование и картографирование почв БССР//Метод.указ. Под ред. Н.И. Смяяна, Т.Н. Пучкаревой, Г.А. Ржеутской. – Мн.:Ураджай, 1990. – 221 с.
12. Горбунов, Н.И. Физико-химические исследования почв и их значение для плодородия./Н.И. Горбунов // Почвоведение. – 1979. – №7. – С.33-42.

Summary

Капилевич Ж., Высоченко А. The Influence of Reclamation and Soil-Conservation Measures onto Morphology and Micromorphology of Mineral Soils

Investigated: The alteration of structural management and water-physical properties of mineral soils under the influence of drainage and soil-conservation measures with the use of methods of macromorphology and micromorphology. The most significant changes of soil profile occur after planning the surface and filling of valleys. The changes of soils after cultivation-chinking bear local character and are concentrated near the place of pathway of the working tool. The effect of deep cultivation consisting in improvement of structural characteristics and filtering properties of soil are characterized by relative short-life (approximately 4 years). Extension of the term may be achieved by application of chemical meliorants.

Поступила 26 марта 2008 г.