

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ  
ПОЧВ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОСУШИТЕЛЬНЫХ  
МЕЛИОРАЦИЙ И ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ Mn-Fe КОНКРЕЦИЙ В ЭТОМ  
ПРОЦЕССЕ**

***В.И. Росликова<sup>1</sup>, А.Б. Гынинова<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000;  
e-mail:*

<sup>2</sup>*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, ул. Сахьяновой 6, г. Улан-Удэ, 670047  
Поступила в редакцию*

Представлены результаты многолетних исследований текстурно-дифференцированных почв (луговых подбелов), осушаемых в течение длительного времени закрытым гончарным дренажем, с использованием комплекса методов (в их числе микроморфологический и метод анализа конкреций). Отработаны диагностические признаки трансформации почв в различных частях катены.

**Ключевые слова:** почва, катена, конкреции, закрытый дренаж, микроморфологическое строение, Среднее Приамурье.

**ВВЕДЕНИЕ**

Осушительные мелиорации на Дальнем Востоке с 60-х гг. XX века представляли собой генеральную линию по освоению равнин Приамурья. Исследователи уделяли огромное внимание широкому кругу вопросов, связанных с использованием этих территорий: ресурсам мелиорированных земель [9]; разработке критериев оптимизации агрогидрологического режима [1, 2]; методам контроля и критериям оценки ландшафтов [14], созданию кадастра осушаемых земель [15], водопотреблению сельскохозяйственных культур и урожайности почв [6, 12], трансформации гидрофизических и физико-химических свойств почв при осушении [15], влиянию осушительных мелиораций на элементы водного баланса [3]; азотному режиму и биологической активности [17] и др. При этом не всегда объективно оценивались возможности улучшения агрономических свойств почв с помощью осушительных мероприятий. Кроме того, внимание сосредоточивалось только на лугово-болотных и болотных почвах, а между тем значительную часть в комплексе с гидроморфными почвами занимают и полугидроморфные текстурно-дифференцированные почвы (ТДП). Несмотря на поток информации о влиянии осушительных мелиораций на педосистему, минеральным почвам, как

следует из литературного обзора, не уделялось должного внимания. В пределах Среднего Приамурья состояние твердой фазы осушаемых ТДП не исследовалось вообще. Впервые эти вопросы были подняты нами [5, 20, 21].

Почвы долины реки Амур образуют катену, в которой наиболее автономные положения занимают ТДП – лесные подбелы, представляющие собой зрелую фазу их развития с хорошо выраженной конкреционной элювиально-глеевой толщей [22]. По мере увеличения степени гидроморфности они сменяются луговыми подбелами, лугово-глеевыми и лугово-болотными почвами. С точки зрения перспектив освоения и проведения мелиоративных работ почвы равнин Приамурья разделены на 4 группы [23]: 1) тяжелые минеральные почвы с хорошо оструктуренной иллювиальной толщей повышенной водопроницаемости (луговые черноземовидные, лугово-глеевые и луговые подбелы); 2) тяжелые минеральные почвы со слабоводопроницаемым подгумусовым горизонтом (лугово-глеевые бесструктурные, лесные подбелы); 3) легкие минеральные почвы (буроземы) с повышенной водопроницаемостью; 4) слабоводопроницаемые глинистые (лугово-болотные). Из минеральных почв наиболее перспективными в осушительных мелиорациях являются луговые подбелы с

оструктурной иллювиальной толщей, формирующиеся в супераквальных ландшафтах в средней части катены. Для них так же, как и для почв автономных ландшафтов (лесных подбелов), характерна элювиально-глеевая толща (E2g) с максимальной долей Mn-Fe конкреций.

По современным представлениям конкреции – это морфогенетическая группа твердых тел, растущих по линейно-концентрическому закону за счет преобразования вещества, рассеянного в окружающей среде и ясно обособленного от вмещающей среды по составу, строению и другим литологическим признакам [18]. Выделяется большое разнообразие конкреционных тел, которое всецело определено условиями своего образования: в различных породах (осадочных, изверженных, метаморфических) – геологическими; в почвах как результаты процессов гипергенеза и почвообразования – педогенетическими. Среда, в которой формируется конкреционный комплекс, как правило, гетерогенна: неодинаковое сочетание первичных и вторичных минералов, разнородности порового пространства и органо-минеральных комплексов, множество зон окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), наложение зон инфильтрации, диффузионных явлений и т.д. Все это и определяет форму конкреций, их текстурные и структурные признаки и химико-минералогический состав. С изменением условий среды происходит изменение этих признаков, что и предопределяет конкреции как своего рода “запоминающие устройства”, отражающие условия их формирования.

В создавшихся условиях весьма актуален прогноз дальнейшего развития ТДП под воздействием осушительных мелиораций. В настоящей работе поставлена цель: используя микроморфологический метод и метод анализа конкреций, проследить трансформацию организации твердой фазы профиля луговых подбелов под воздействием длительных осушительных мелиораций.

#### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Объектами исследований послужили луговые подбелы (как целинные, так и преобразованные под влиянием осушения при различных вариантах дренажа почвы), широко распространенные на второй террасе р. Амур. Эти почвы располагаются в центральной части Среднеамурской низменности, в Еврейской автономной области на мелиоративном стационаре с. Бабстово. Методологической основой исследований послужили теоретические разработки В.А.Ковды [13], которые базировались на учении Б.Б.Полынова о геохимии сопряженных ландшафтов.

Для изучения целинных почв был заложен нивелировочный профиль общей протяженностью более километра. Соответственно выявленным формам мезо- и микрорельефа с шагом описания 10–25 м тщательно фиксировали морфологическое строение почв. Особое внимание уделяли положению нижней границы элювиально-глеевой толщи и состоянию иллювиальной оструктуренной толщи (степени оструктуренности, четкости форм педов, их прочности, наличию блокирующих одежд и т.д.). Отбор проб производили не только по генетическим горизонтам, но и по их локальным неоднородностям. Всего обработано свыше 100 разрезов. В конечном итоге выявлена приуроченность почв к определенным местоположениям. Для проверки этих закономерностей на естественных участках (вне нивелировочного профиля) были заложены два дополнительных разреза: 1б (светлый оструктуренный иллювиальный горизонт) и 1в (темный иллювиальный оструктуренный горизонт), которые и явились контрольными разрезами.

Исследование почв осушенных вариантов осуществляли на опытном участке с закрытой дренажной системой (междренные расстояния 5, 10, 15, 35, 50 м), который расположен в идентичных условиях, что и целинный. На опытном поле в траншеях, заложенных перпендикулярно простиранию дрен на различных расстояниях от них 1.5; 7.5; 15 м (в зависимости от параметра дренажа), пробы отбирались по всей толще разреза. Кроме того, для контроля использовали и открытую сеть каналов. Для определения влияния осушающего эффекта на открытой осушительной системе отбор проб производили на удалении 1 м и 5 м от стенки канала. Основные диагностические признаки почв различных местоположений контрольных участков нивелировочного профиля сопоставлялись с подобными признаками почв осушенных вариантов. Выявлялись идентичные местоположения и соответствующие почвы на дренажных системах. Для оценки опускания нижней границы элювиально-глеевой толщи под влиянием осушения данные по мощностям горизонтов обрабатывались статистически. Степень конкреционности исследовалась путем отбора конкреций в каждом генетическом горизонте [20]. Из специально отобранных образцов почв по горизонтам с ненарушенным строением были изготовлены шлифы, в которых и производили микроморфологические исследования [19]. Они дали возможность выявить взаимное расположение компонентов твердой фазы почв (форм гумуса, фракций гранулометрического состава, новообразований [4, 26]), а также проследить трансформацию направленности почвообразования на ранних стади-

ях трансформации при изменении факторов и, в том числе, при антропогенном воздействии [24].

Изучение особенностей миграции и накопления гидроксидов в конкрециях приобретает особый интерес для целей анализа гидроморфного состояния почв [8]. В основе метода определения степени гидроморфности почв по химическому составу Mn-Fe конкреций лежит четкая геохимическая дифференциация железа и марганца в зависимости от ОВП, показателем чего является отношение Fe:Mn. В каждом генетическом горизонте почвы после определения % содержания конкреций проводили их группировку по размерностям. После подготовки конкреций к анализу, содержание подвижных форм Mn и Fe определяли по прописи [7].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рельеф исследуемой территории плоский с многочисленными замкнутыми блюдцеобразными и ложбинообразными понижениями и плавными переходами от независимых местоположений к зависимым. В конкретных элементах микрорельефа морфологические признаки почв имеют четкие отличительные признаки.

#### Морфология почв целинных участков

Анализ материалов, полученных при исследовании морфологического строения профилей почв на всем протяжении нивелировочного профиля, свидетельствует о том, что на плакорных участках (превышение 30–40 см) формируются луговые подбелы с относительно хорошо выраженной элювиально-глеевой и конкреционной толщей (15–20 см) и светло-бурым оструктуренным иллювиальным горизонтом, который постепенно переходит в бурую глинистую почвообразующую породу (рис. 1). На склонах этих плакоров (транзитные условия) формируются луговые подбелы, в которых мощность и выраженность обесцвеченной толщи заметно затушованы, но Mn-Fe конкреции также тяготеют к верхней части профиля, а иллювиальный горизонт отличается темно-серыми, почти черными тонами с хорошо выраженной “икрянистой” структурой. Эти морфологические признаки дали основание условно подразделить луговые подбелы с оструктуренной иллювиальной толщей на светлые и темные. Далее, в нижней части нивелировочного профиля формируются западины с дерново-глеевыми, дерново-глеевыми криотурбированными и торфянисто-глеевыми почвами. Четкие отличия обнаруживаются в содержании марганцево-железистых конкреций исследованного ряда почв. От почв независимых местоположений к почвам транзитных и зависимых местоположений содержание конкреций

резко уменьшается и колеблется в пределах от 5 % до 2.0 %. При этом они традиционно тяготеют к верхней части профиля. Исключением являются криотурбированные почвы, где в локальных участках вблизи морозобойных трещин отмечается повышенная степень аэрации, а степень конкреционности достигает 8 %.

Разнообразие организации твердой фазы почв различных местоположений на катене четко фиксируется и по микроморфологическим признакам, на что обращалось внимание в наших предшествующих публикациях [5, 21].

На плакорных участках (луговые подбелы со светлым иллювиальным оструктуренным горизонтом) аккумулятивная толща ( $A_1$ ) хорошо агрегирована. Агрегаты простые и сложные многопорядковые, что обусловлено многообразием микроформ гумуса. Гумус представлен сгустками бурого цвета, углеподобными частицами, тонкодисперсными формами. Последние рассеяны в глинистой плазме (рис. 2, 1а). Видимая порозность >30 % от площади шлифа. Среди пор преобладают сложные ветвящиеся межагрегатные. Зона вдоль крупных вертикальных пор хорошо проработана мезофауной и имеет более темную окраску. Агрегаты почти полностью состоят из выбросов энхитреид, а также разрушающихся экскрементов червей. Марганцево-железистые новообразования расположены в центральной части агрегатов, они оказывают на них также и цементирующее влияние. Железисто-гумусовые нодулы оптически-плотные, большая часть их с резкими границами. Встречаются и светло-охристые сегрегации с диффузными краями.

При переходе к элювиально-глеевой толще ( $A_1Eg$ ) порядковость агрегатов уменьшается. Они в меньшей степени прокрашены гумусом, сложение становится агрегационно-пластинчатым. Наряду с гумусированными агрегатами, появляются агрегаты с глинистой плазмой островного строения. Железистые стяжения плотные, немногочисленные.

В элювиально-глеевом горизонте (Eg), по сравнению с аккумулятивной толщей, хлопьевидные формы гумуса полностью отсутствуют. Углеподобные частицы встречаются редко. В основном накапливаются гумоны и тонкодисперсные формы, образующие скопления, рассеянные в глинистой плазме. Уплотненная форма агрегатов определяет микрослоистое сложение (рис. 2, 1б). Чешуйчатые агрегаты в верхней части профиля обогащены пылеватым материалом, а нижняя часть пропитана гидроксидами железа. Многочисленные органо-железистые новообразования располагаются как внутри агрегатов, так и

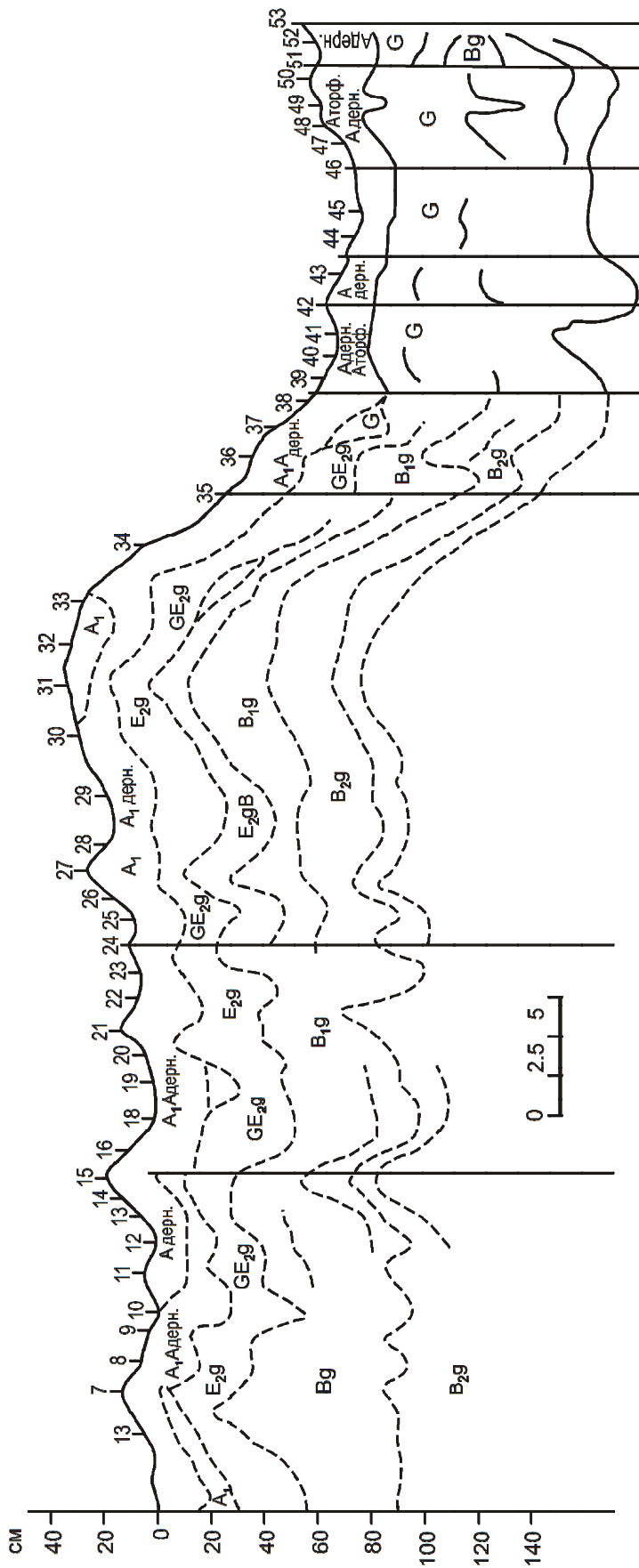
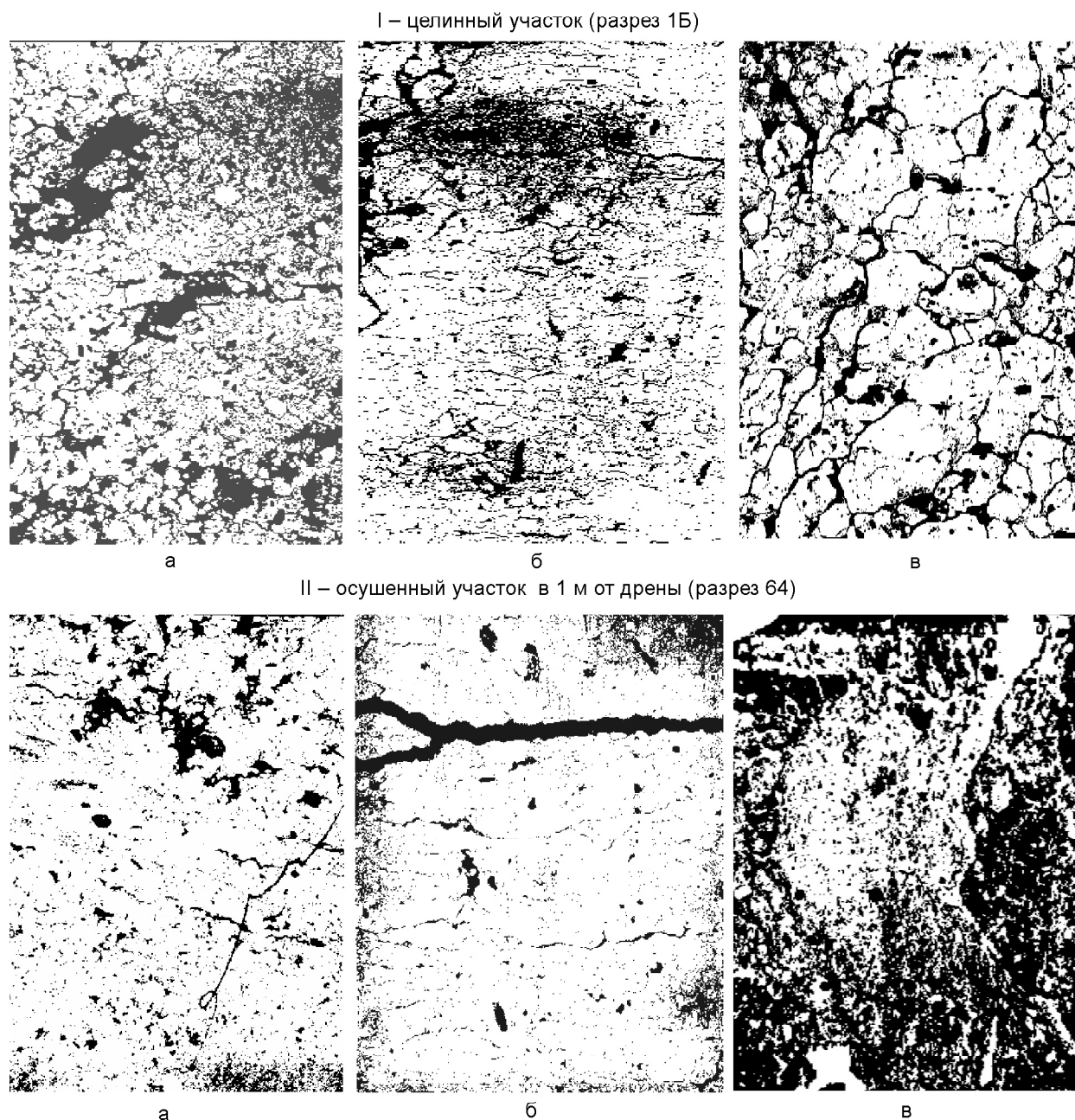


Рис. 1. Нивелировочный профиль на ключевом (естественном) участке мелиоративной станции (ЕАО, с. Бабстово).

Цифры 6–53 – точки описания разрезов; 7, 15, 21, 27, 30–33 – номера разрезов луговых подбелов со светлым оструктуренным иллювиальным горизонтом; 6, 8–13, 18–20, 22–26, 29, 34–35 – номера разрезов луговых подбелов с темной оструктуренной иллювиальной толщей; 36–38 – разновидности горизонтом и переходные к дерново-глебовым; 39–47 – дерново-глебовые почвы с элементами криотурбации; 47–53 – торфянисто-глебовые почвы.



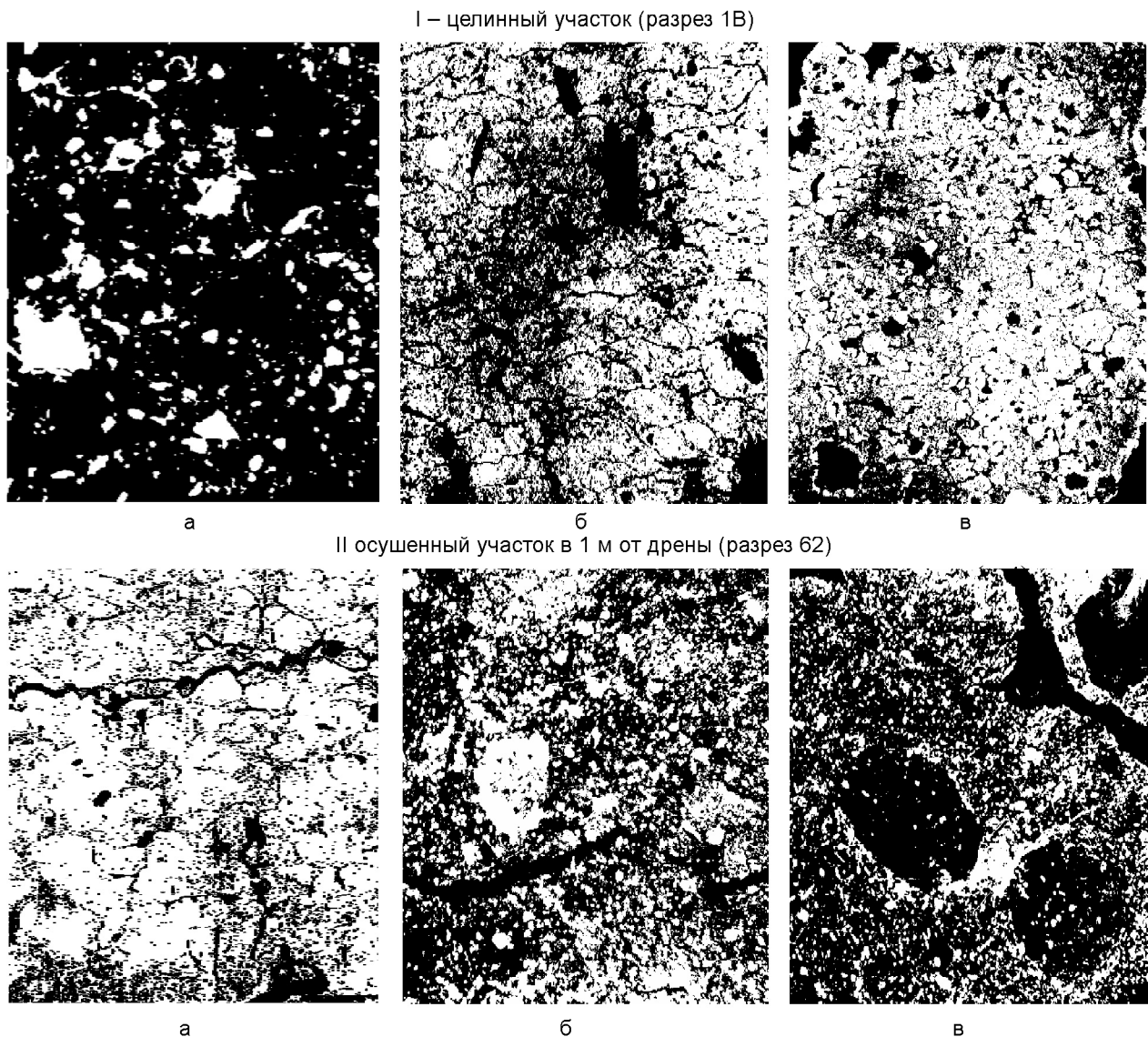
**Рис. 2.** Микроморфологическое строение луговых подбелов со светлым оструктуренным иллювиальным горизонтом (плакор).

I:  $A_1$  – многопорядковые агрегаты ( $\times 45$ ) (а),  $E_g$  – чешуйчатая форма педов с мелкими органо-железистыми новообразованиями ( $\times 1.5$ ) (б),  $B_g$  – округлые глинистые агрегаты со сложными порами упаковки ( $\times 4$ ) (в); II: Апах. – почвенная масса слабо агрегированная и плотно упакована ( $\times 4$ ) (а),  $E_g$  – заметная микрослоистость в виде плитчатых педов с ориентированными порами-каналами ( $\times 4$ ) (б),  $B_g$  – переотложенная сортированная дренажными водами почвенная масса с неупорядоченной глинистой плазмой ( $\times 90$ , ник./.) (в).

среди отмытых зерен пыли. Крупные Mn-Fe нодулы и конкреции, как правило, имеют резкие границы. Реже встречаются обводненные хлопьевидные сегрегации с диффузными границами. Поры имеют субпараллельную ориентацию. Они, в основном, межагрегатные и межслоевые, иногда камеровидные и сооб-

щающиеся. Видимая порозность 25–30 % от площади шлифа.

Иллювиальные горизонты ( $B_{1g}$ ,  $B_{2g}$ ) отличаются невысокой степенью гумусированности. Гумус представлен преимущественно тонкодисперсными формами, реже углеподобными частицами. Агрегаты



**Рис. 3.** Микроморфологическое строение луговых подбелов с темным оструктуренным иллювиальным горизонтом (транзитный).

I: A1 – сложные многопорядковые агрегаты за счет обилия сгустков органического вещества ( $\times 45$ ) (а), E<sub>g</sub> – компактная упаковка тонко-плитчатых педов ( $\times 4$ ) (б), B<sub>g</sub> – плотные округло-ореховатые педы с четковидными порами ( $\times 4$ ) (в); II: A<sub>пах.</sub> – дезагрегированная почвенная масса (корка) на поверхности горизонта ( $\times 4$ ) (а), E<sub>g</sub> – элементы чешуйчато-волокнутого глинистого вещества с межслоевыми каналовидными трещинами ( $\times 60$  ник.+ ) (б), B<sub>1g</sub> – пылевато-плазменное строение с неупорядоченной глинистой плазмой и Mn-Fe нодулями ( $\times 60$ , ник.+ ) (в).

в основном округлые, соединенные глинистыми мостиками, образующими систему со сложными сообщающимися порами упаковки, в результате чего почвенная масса приобретает губчатое микростроение (рис. 2, Iв). Центральная часть агрегатов, как правило, сцементирована гидроксидами железа, периферийная часть обезжелезнена. Глинистая плазма, освобожденная от железа, приобретает кольцевое строение. Подобное строение имеет и глинистая плазма, покрывающая агрегаты. Железистые агрегаты пред-

ставлены диффузными аппликациями. Встречаются плотные марганцевые нодули с четкими границами. Хорошо развиты четковидные поры аэрации.

Луговые подбелы с темной иллювиальной толщиной (на транзитном участке) в естественных условиях (рис. 1, разрезы 6, 8–13; 18–20; 22–26 и др.) имеют отличительные черты. В аккумулятивной толще гумус представлен обилием темноцветных сгустков, которые образованы переработкой почвенной массы мезофауной (рис. 3, Ia). В связи с чем сложность и

многопорядковость агрегатов выражена ярче. Железисто-гумусовых конкреций меньше, чем в почве плакорного участка с бурой (светлой) иллювиальной толщей.

Элювиально-глеевый горизонт отличается более компактной упаковкой уплощенных агрегатов и тонко-плитчатых педов (рис. 3, 1б). Их верхняя часть обогащена пылеватым материалом, а нижняя – плазменным. Гумус – тонкодисперсный, рассеян. Плотных железистых новообразований значительно меньше, в то же время отмечается обилие участков, покрашенных в слабоохристые тона, а также обилие светлоохристых нодулей со значительным компонентом глинистой плазмы. Последние, как правило, встречаются вблизи трещин. Поры представлены трещинами и субпараллельными межагрегатными. Видимая порозность составляет 10 (15) %–20 % от площади шлифа.

Иллювиальная толща характеризуется высокой степенью агрегированности почвенной массы. Агрегаты представлены: 1) ореховатыми плотными отдельностями, сцементированными гидроксидами железа, поверхность их фрагментарно покрыта гумусной кутаной; 2) округлыми плотными формами, которые в центральной части сцементированы гидроксидами железа, а для периферийной части характерно кольцевое строение с обезжелезненными гумусно-глинистыми кутанами (рис. 3, 1в). Гумус преимущественно тонкодисперсный, в глинистой плазме рассеян. Марганцево-железистые новообразования расположены обычно в центральной части агрегатов и представлены несколькими плотными стяжениями в пределах светло-охристого микроучастка. Внутриагрегатная порозность мала. Агрегаты соединены глинистыми мостиками, образующими четковидные поры.

В аккумулятивном горизонте лугово-дерновых почв микропонижений преобладают черные оваловидные микроформы гумуса. В отдельных участках наблюдаются потечные формы гумуса, заполняющие поры. В составе органического вещества многочисленные выбросы энхитрид. Заметно выражена микрослоистость, которая характеризуется значительной вариабельностью размеров. Железистые новообразования редки и представлены бледно-охристыми стяжениями.

В глеевом горизонте гумус тонкодисперсен. Органическое вещество представлено выбросами энхитрид. Плитчатость агрегатов выражена слабо. Конкреций мало. Под горизонтом глея отмечается зона аккумуляции гидроксидов железа, что, видимо, обусловлено дополнительным подтоком влаги с пла-

корных и транзитных участков. Иногда железистые новообразования покрыты гумусово-глинистой темно-серой глянцево-кутаной, представляют собой плотные дробовидные образования. Межагрегатные поры вытянутые, камеровидные, главным образом несообщающиеся и занимающие около 25 % порового пространства от площади шлифа. Сепарация на глинистую и пылеватую составляющие выражена слабо. Крупные железистые конкреции тяготеют к центральной части агрегатов, а мелкие равномерно распределены в почвенной массе.

Оценивая в общих чертах микростроение почв, не подвергавшихся антропогенному воздействию, следует подчеркнуть, что, несмотря на незначительные превышения в микрорельефе, луговые подбелы плакора (со светлым иллювиальным горизонтом), луговые подбелы с темным иллювиальным горизонтом транзитного участка и луговые дерновые почвы понижений имеют существенные отличительные признаки. Агрегаты гумусового горизонта многопорядковые, высокопористые. В их основе лежат темно-серые гумоны и незначительная доля железо-гумусовых образований. Наибольшая степень их выраженности характерна для почв транзитного участка.

В элювиально-глеевом горизонте E<sub>g</sub> луговых подбелов плакорного участка идет интенсивный процесс Mn-Fe конкрециеобразования, что обусловлено резкой пульсацией O-V потенциала с преобладанием окислительной фазы [16]. Гумус в этих горизонтах аккумулируется не в форме хлопьевидных гумонов, а в основном, в виде бурых хлопьевидных форм, связанных с соединениями железа и алюминия. Поскольку соединения железа при конкрециеобразовании переходят в пассивную форму и теряют способность формировать крупные рыхлые гумусово-железистые хлопьевидные сгустки, то накопление указанных форм гумуса в элювиально-глеевом горизонте заметно ослабляется. Формирование темно-серых гумонов и их сгустков, обусловленное деятельностью мезофауны и дождевыми червями, лимитируется периодическим иссушением почв.

На склоновом участке (транзитном) с луговыми подбелами, имеющими темный оструктурный иллювиальный горизонт, пульсация ОВП более мягкая. Здесь процессы гумусообразования, гумусонакопления и агрегирования идут более интенсивно при значительном участии мезофауны. Одновременно четко прослеживается ослабление осветления элювиально-глеевой толщи на фоне уменьшения конкреционности. В краевых участках понижений, где формируются лугово-дерновые почвы, пульсация ОВП режима идет с более длительным периодом восстановления.

В этих условиях железо, связанное с гумусом, восстанавливается более активно, и гумус приобретает почечную форму [11]. Общее содержание конкреций в поверхностных горизонтах резко сокращается, однако в контактных зонах, где сказывается влияние морозобойных трещин, их доля резко возрастает. Накапливающиеся в понижениях мезорельефа (в результате) боковой миграции растворов, железистые соединения образуют охристые прослойки, реже в хорошо аэрируемых участках под гумусовым горизонтом образуются конкреции диаметром  $>5$  мм.

Иллювиальные толщи луговых подбелов (транзитный участок) характеризуются высокой степенью агрегированности и хорошо развитой порозностью аэрации. Подобное строение почвенной массы позволяет избытку почвенной влаги стекать в нижнюю часть профиля. Однако наиболее яркие признаки оструктуренности и блокировки агрегатов гумусово-глинистой кутаной характерны для луговых подбелов с темной оструктуренной толщей – на транзитных местоположениях. При этом слоеватое сложение, слабая оструктуренность и низкая водопрочность агрегатов элювиально-глеевого горизонта препятствуют фронтальной вертикальной миграции влаги. Ее перемещение вниз по профилю осуществляется по вертикальным межгоризонтным трещинам [23]. Они начинаются с самой поверхности, имеют максимальную ширину в элювиально-глеевом горизонте и затухают в верхней части иллювиальной толщи. Несмотря на то, что горизонт Eg обладает слабой набухаемостью, в зимнее время он (за счет аккумуляции влаги в виде ледяных шляров) увеличивается в объеме [25]. При таянии шляров вместе с влагой по трещинам перемещается и тонкодисперсная осветленная часть горизонта Eg, которая покрывает различные участки нижележащих горизонтов, создает ложную видимость “белоглазки”.

### Морфология почв осушенных участков

При осушении и дальнейшем освоении в текстурно-дифференцированных почвах Приамурья происходят неоднозначные изменения. Исследования Г.И. Иванова и Н.А. Стрельченко [10] лесных подбелов В Приханкайском лесостепном ландшафте (не имеющих оструктуренной иллювиальной толщи), формирующихся в верхней части катены, наименее гидроморфных в ряду текстурно-дифференцированных почв, показали, что осушение этих почв приводит к увеличению мощности элювиально-глеевой толщи. По данным авторов, в этих почвах возрастает степень конкреционности в 1.5–2.0 раза и достигает порядка 20 %, против 5–8 % в целинных. При кристаллизации подвижных форм гидроксидов желе-

за в конкреции возрастает степень сокращения подвижных фосфатов. По-иному идет преобразование луговых подбелов, формирующихся в средней части катены (супераквальные ладшафты).

Проведенная нами статистическая обработка мощности горизонта Eg по различным вариантам дренажа ( $l = 10, 15, 23, 35$  м) показали, что она колеблется в пределах 16–24 см, что не превышает мощности идентичного горизонта на целинных (не осушенных) участках. Эти результаты свидетельствуют о том, что за истекший период осушения почв закрытым дренажем опускание нижней границы элювиально-глеевого горизонта (Eg) не произошло [21].

Индикатором состояния подбелов является степень конкреционности [20]. На целинных участках в луговых подбелах со светлым оструктуренным горизонтом (плакорные участки) доля Fe-Mn конкреций (в верхних горизонтах) составляет 4–8 %, в то время как в транзитных положениях этих почв, но с темным оструктуренным иллювиальным горизонтом, их содержание уменьшается в 1.5–2 раза. По нашим данным [21], при осушении луговых подбелов степень конкреционности уменьшается в верхней части профиля. Эти данные хорошо коррелируются с материалами, полученными при исследовании нами микроморфологического строения почв.

В осушенных луговых подбелах с осветленным иллювиальным горизонтом (плакор) пахотный горизонт характеризуется однообразием диспергированных микроформ гумуса. Агрегаты отличаются небиогенным происхождением, они упакованы компактно. Гумусово-железистые новообразования представлены нодулями (рис. 2, Па). В элювиально-глеевом горизонте тонкопластичные педы преобразовываются в крупные плитчатые. При этом значительная часть пылевой фракции вовлекается в состав агрегатов. Неагрегированная часть отличается заметными признаками динамичности. Она нередко сортирована водными потоками, имеет линейное расположение, с отложением по стенкам пустот. Особенно выраженные преобразования происходят вблизи дрен. Глинистая плазма приобретает струйчатое и мозаичное строение. В междренном пространстве глинистая плазма характеризуется раздельно-чешуйчатым и острорным строением. Заметны крупные горизонтально-ориентированные каналовидные пустоты (рис. 2, Пб). Вблизи дрен старые, хорошо сформированные Mn-Fe конкреции имеют изрезанные контуры и трещины усыхания, по которым идет отток хемогенного материала. Отмечается незначительная доля свежих сгустковых железистых сегрегаций. В



междренном пространстве сохраняется цементация агрегатов оксидами железа, заметного конкрецеобразования не прослеживается.

Для иллювиальной толщи характерно появление крупных горизонтальных трещин, по стенкам которых отмечаются следы переотложенного водными потоками почвенного материала. Вблизи дрен округло-угловатые, сцементированные оксидами железа агрегаты трещиноваты, отчетливо виден отток тонкодисперсного материала. Вновь образованные агрегаты не имеют столь характерного для почв целинного участка микростроения (сцементированная оксидами железа центральная часть, сепарированная глинистая плазма в периферийной части и глинистая кутана кольцевого строения на поверхности). Их отличает пылевато-плазменное микростроение с отчетливой сортировкой по гранулометрическому составу и неупорядоченной глинистой плазмой (рис. 2, Пв).

Отличительной особенностью почв на склоновых участках (луговые подбелы с темным оструктуренным иллювиальным горизонтом) является то, что в пахотном горизонте происходит увеличение доли сгустковых форм гумуса. Однако преобладают, как и на плакоре, диспергированные его формы. На поверхности образуется корка, состоящая из почвенного материала, переотложенного и уплотненного водными потоками (рис. 3, Па). Немногочисленные поры представлены несообщающимися камерами. Mn-Fe новообразования встречаются редко.

В элювиально-глеевом горизонте гумус представлен в основном тонкодисперсными формами. Плитчатость агрегатов заметно выражена, ближе к дрене формируются плитчатые агрегаты-блоки, которые в отдельных участках приобретают чешуйчато-волоконистое строение (рис. 3, Пб). Отмечается образование мелких, с диффузными границами, свежих железисто-глинистых сегрегатов. Пустоты представлены межслоевыми каналовидными формами и изолированными камерами.

Иллювиальная толща приобрела ярко индивидуальные черты строения. Гумусово-глинистые оболочки с поверхности агрегатов сняты. Приповерхностный материал агрегатов сортирован водными потоками. Отмечается активное образование агрегатов с почвенной массой пылевато-плазменного микростроения и формирование крупных горизонтальных трещин. Агрегаты компактно упакованы, отсутствует губчатость микростроения (рис. 3, Пв). Поры межагрегатные прерывистые. Буровато-охристые глинисто-железистые нодулы несут явные признаки разрушения: по трещинам усыхания идет отток хемогенного материала.

В пахотном горизонте почв понижений (торфянисто-дерново-глеевых) гумус тонкодисперсный. У дрены почвенная масса агрегирована. Поры камеровидные и межагрегатные сообщающиеся. Видимая порозность составляет 30–35 % от площади шлифа, в отдалении от дрен почвенная масса не агрегирована. Поры представлены изолированными порами-камерами (15–20 %). Встречаются локально крупные железистые конкреции ( $d = 0.5–1.0$  см).

В глеевом горизонте гумус тонкодисперсный, степень гумусированности невелика. Слоистость (характерная для подгумусовых горизонтов почв плакоров) полностью отсутствует. Агрегаты сцементированы оксидами железа, но степень их агрегированности невелика, они слабо отделены от неагрегированной почвенной массы. Межагрегатные поры не сообщающиеся. Почвенная масса горизонта расчленена крупными горизонтальными трещинами. В середине междренного пространства преобладают агрегаты, сцементированные оксидами железа, почвенная масса расчленена трещинами на агрегаты второго порядка. Видимая порозность мала в обоих вариантах и составляет 10–15 %. Железистых новообразований в междренном пространстве больше, однако в обоих случаях они несут признаки разрушения – трещиноватость и отток хемогенного материала по трещинам. Иногда трещины отделяют поверхностную пленку, иногда они разделяют агрегаты вместе с частью железистого новообразования. Особенно ярко процесс разрушения конкреций выражен на расстоянии 1 м от дрены.

В иллювиальном горизонте торфянисто-дерново-глеевой почвы у дрены железистые новообразования единичны, бледно-охристого цвета, почвенная масса агрегирована. Однако агрегаты округлые, глинистые, соединены между собой глинистыми переходами и расчленены трещинами. Ярко выражена сортировка водными потоками и криогенными процессами на плазменный и пылеватый материал. В междренном пространстве сохранились железистые новообразования в центральной части агрегатов, однако они также несут явные признаки разрушения.

### Признаки трансформации почв

Изучение микроморфологического строения осушаемых луговых почв с текстурной дифференциацией, имеющих оструктуренный иллювиальный горизонт, позволило выявить ряд новых признаков. Так, в пахотном горизонте под воздействием осушающего эффекта происходит разрушение агрегатов биогенного происхождения и формирование минеральных угловатых педов. На поверхности нередко образуется корка, на участках понижений почвенная

Таблица. Показатель степени заболоченности луговых подбелов Среднеамурской низменности, осушенных закрытым гончарным дренажем.

Почвы, № разреза	Генетический горизонт	Глубина, см	Размер конкреций, мм	$Fe_2O_3$ мг / 100 г почвы	$MnO$ мг / 100 г почвы	Fe:Mn
Расстояние между дренами 35 м (от дрены 1 м)						
Луговой подбел (светлый), № 62	A пах	0–23	1–2	5916	387	13.5
	A пах/Eg	23–30	1–0.5	5978	548	10.9
	Eg	30–45	1–2	5819	374	15.6
	B <sub>1</sub> g	45–62	0–0.5	5834	353	16.6
Расстояние между дренами 10 м (от дрены 1 м)						
Луговой подбел (светлый), № 65 А	A пах	0–20	1–0.5	8318	526	16.8
	Eg	20–28	1–0.5	8519	504	16.9
Расстояние между дренами 10 м (от дрены 5 м)						
Луговой подбел (светлый), № 65 Б	A пах	0–20	1–0.5	8212	496	16.6
	A пах/Eg	20–35	1–0.5	9100	495	18.4
	Eg	35–47	2–0.5	7922	308	25.7
Монолит 50×50 м (изолирован пленкой с 4-х сторон) без дрен						
Луговой подбел (светлый), № 66	A пах	0–20	1–0.5	7945	381	20.3
	A пах/Eg	20–35	1–0.5	8669	309	24.5
	Eg	35–45	1–0.5	7929	346	22.9

масса полностью теряет агрегированность, сохраняя ее лишь вблизи дрены. В элювиально-глеевом горизонте в результате разрушения чешуйчатых агрегатов из верхней части плазменный материал перемещается в нижнюю часть, а на поверхности агрегатов остается пылеватый материал. При этом происходит образование плитчатых педов или блоков растрескивания, цементирующим компонентом которых являются гидроксиды железа. Железо образуется в основном *in situ* за счет разрушения Mn-Fe конкреций. В иллювиальном горизонте с глинистой плазмой кольцевого строения и обогащенными оксидами железа в центральной части агрегатами одновременно идет процесс агрегирования почвенной массы без дифференциации по составным компонентам (ил, пыль, гидроксиды Mn и Fe).

Для всех горизонтов профиля характерно: 1) образование крупных и мелких горизонтальных трещин; 2) более грубая сортировка почвенного материала водными потоками (по сравнению с внутриводной сепарацией); 3) разрушение зрелых конкреций и формирование железистых сгустков. Наиболее четко эти процессы проявляются на расстоянии 1 м от дрены.

Сопоставление количества конкреций в почвах рассмотренных местоположений с различными параметрами дренажа показало, что их содержание (более чем за 30-летний период работы закрытой дренажной системы) не увеличилось в традиционном горизонте накопления (Eg). Даже на плакорных участках с междренним расстоянием 35 м (в одном метре от дрены) количество конкреций достигает 4–

6 %, что характерно для целинных (не осушенных) участков идентичного положения.

Под влиянием осушения происходит изменение и химического состава конкреций, которое оценивается по соотношению кислоторастворимых форм Fe:Mn (величина степени гидроморфности почв). Осушенные варианты отличаются резким снижением гидроморфности почв (табл.) не только в верхних горизонтах, но и по всему профилю. Особенно четко эта закономерность проявляется в 1 м от дрены независимо от междренного расстояния (10, 15, 35 м). Величина отношения Fe:Mn лежит в пределах 13–16, в то время как в монолите (изолированном пленкой и без дрен) эта величина имеет более широкие пределы 20–23. Нами [21] оценена степень гидроморфности почв на участках опытного поля Дальневосточного института сельского хозяйства (с лугово-глеевыми и луговыми подбелами). Здесь на протяжении более 40 лет ведутся интенсивные исследования по созданию технологии осушения методом гряд и открытой сетью каналов. Следует отметить, что степень заболоченности лежит в тех же пределах, что в почвах осушаемых закрытой сетью каналов (Бабстовская мелиоративная станция). По нашим данным, в неосушенных вариантах почв этот показатель имеет значительно более широкие пределы колебаний – 20–45. В отдельных случаях, в почвах с устойчивыми признаками глея, он может превышать 200 [20, 21]. Полученные материалы подтверждают данные А.Н. Степанова [23], показывающие стабилизацию оттока влаги к дренам по мере работы осушительной систе-

мы в луговых оструктуренных почвах Среднего Приамурья. Это резко отличает их от ТДП, не имеющих подобного иллювиального горизонта.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осушение закрытым дренажем на равнинах Приамурья тяжелых по гранулометрическому составу почв, имеющих оструктуренные иллювиальные горизонты, ведет к глубокому преобразованию структурной организации их твердой фазы. В пахотном горизонте выявилось ухудшение агрофизического состояния почв, разрушение сложной многопорядковой структуры и упрощение системы порового пространства. В элювиально-глеевом горизонте отмечается тенденция к улучшению агрегатного состояния, к преобразованию тонких пластинок (чешуек) в плитчатые педы и формированию водопроводящих пор. Иллювиальная толща характеризуется разрушением водоустойчивых агрегатов, цементированных железом и покрытых глинистой кутаной. Одновременно здесь формируются агрегаты с недифференцированной внутривпедной массой и происходит вынос неагрегированного материала дренажными водами. Влага в этих условиях передвигается не только по меж-агрегатным порам, но и по вновь образовавшимся трещинам. Механизм формирования стока, зафиксированный микроморфологическими признаками, свидетельствует: в силу оструктуренности иллювиального горизонта и трещиноватости (несмотря на тяжелый гранулометрический состав) в формировании дренажного стока участвует весь почвенный профиль, и потому осушительные линии работают как классический дренаж [23]. Активизация дренажного стока создает опасность переосушения почв, что может крайне негативно повлиять на луговые почвы и разрушить основу их физических свойств – подпитку влагой, накапливающейся в почвенной толще.

Стабилизация окислительных условий при новом режиме влажности вызывает преобразование химического состава Mn-Fe конкреций, которые, являясь тонкими индикаторами преобразования среды, свидетельствуют о снижении степени гидромофности почв. Формирование плитчатых педов и блоков растрескивания в элювиально-глеевой толще и улучшение фильтрационных свойств этого горизонта следует отнести к положительным изменениям. При этом необходимо проведение дополнительных работ по регулированию режима влажности и мониторинг показателей влажностного режима почв. Осушительные мелиорации создают лишь предпосылки для создания высококультурных почв. Безотлагательно требуются разработки и учет целого ряда нормативов по сохранению и созданию плодородных почв. В на-

стоящее время, несмотря на целый ряд положительных преобразований луговых почв Приамурья, эффективность осушительных мелиораций остается низкой.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрович Я.С. Увлажнение и критерии оптимальности агрогидрологического режима почв на осушаемых землях Хабаровского края // Труды Дальневост. регион. НИИ. 1988. Вып. 134. С. 61–67.
2. Алексеев И.С., Белов М.Ю. Исследование осушающего действия закрытого дренажа в торфяных мерзлотных почвах БАМ в Амурской области // Приемы мелиорации земель на Дальнем Востоке. М., 1989. С. 14–29.
3. Бортин Н.Н. Влияние осушительных мелиораций на элементы водного баланса юга Дальнего Востока // Труды Дальневост. НИИ Гидрометеорологии. 1979. Вып. 76. С. 56–62.
4. Герасимова М.И., Губин С.В., Шоба С.А. Микроморфология почв природных зон СССР. Пушино, 1992. 213 с.
5. Гынинова А.Б., Росликова В.И. Микроморфологическая диагностика структурного состояния луговых подбелов центральной части Среднеамурской низменности // Почвообразовательные процессы в Приамурье. Владивосток, 1989. С. 4–24.
6. Дуров В.П. Сравнительная оценка влияния открытой сети каналов и закрытого дренажа на урожайность сельскохозяйственных культур // Приемы мелиорации земель на Дальнем Востоке. М., 1989. С. 147–150.
7. Зайдельман Ф.Р., Оглезнев А.К. Изменение химических свойств дерново-подзолистых почв по свойствам конкреций // Почвоведение. 1965. № 5. С. 1–12.
8. Зайдельман Ф.Р., Подзоло и глееобразование. М.: Наука, 1975. 199 с.
9. Зархина Е.С., Каракин В.П., Росликова В.И., Сохина Э.Н. Земельные ресурсы Хабаровского края и пути их рационального использования. Владивосток, 1983. С. 4–14.
10. Иванов Г.И., Стрельченко Н.Е. Об аккумуляции фосфора в конкрециях почв Приамурья // Агрохимия. 1976. № 5. С. 28–33.
11. Кауричев И.С., Кулаков Е.В., Ноздрунова Е.М. О природе комплексных железоорганических соединений в почве: Докл. сов. почвоведов кVII Междунар. конгр. // Изв. АН СССР. М.: Наука, 1972. С. 388–392.
12. Коваль О.А., Ознобихин В.И. Трансформация гидрофизических, физико-химических свойств водного режима почв осушительных систем Приморья при строительной планировке // Комплексное использование и охрана водных ресурсов Дальнего Востока: Тез. докл. Владивосток, 1981. Ч. 2. С. 80–82.
13. Ковда В.А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. 251 с.
14. Кононова Н.Н. О методических аспектах мелиорации оценки ландшафтов (Приморья) // Роль мелиорации в природопользовании: Тез. докл. Владивосток, 1990. Ч. 1. С. 184–187.
15. Корляков А.С., Ознобихин В.И. Географические аспекты методов контроля, критерии оценки и ведения кадастра мелиоративного состояния осушаемых и орошаемых земель Дальнего Востока // Роль мелиорации в

- природопользовании: Тез. докл. Владивосток, 1990. Ч. 1. С. 103–107.
16. Костенков Н.М. Окислительно-восстановительные режимы в почвах периодического переувлажнения М.: Наука, 1987. 191 с.
  17. Лихачева В.А. Влияние дренажа и окультуривания на азотный режим и биологическую активность лугово-бурых оподзоленных почв // Повышение эффективности мелиорации и водного хозяйства на Дальнем Востоке. Итоги и перспективы исследований: Тез. докл. Владивосток, 1978. Ч.1. Кн. 2. С. 40–44.
  18. Македонов А.В. Современные конкреции в осадках и почвах. М.: Наука, 1966. 284 с.
  19. Парфенова Е.И. Ярилова Н.А. Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. М.: Наука, 1977. 198 с.
  20. Росликова В.И. Диагностика степени гидроморфности почв Приамурья по химическому составу конкреций: Методические рекомендации. Владивосток, 1988. 45 с.
  21. Росликова В.И. Марганцево-железистые новообразования в почвах равнинных ландшафтов гумидной зоны. Владивосток: Дальнаука, 1996. 290 с.
  22. Росликова В.И. Почвы Приамурья. Хабаровск, 2006. С. 164.
  23. Степанов А.Н. Осушение земель Дальнего Востока. М.: "Колос", 1976. 240 с.
  24. Турсина Т.В. Микроморфологические методы контроля и прогноза антропогенных изменений в почвах // Микроморфология антропогенно измененных почв. М.: Наука, 1988. С. 5–18.
  25. Хохлюк А.П. Гетероземы (специфические почвенные образования). Владивосток, 2006. 196 с.
  26. Brewer R. Fabric and mineral analysis of soils. New York-London, Sydney, 1964.

*Рекомендована к печати Б.А. Вороновым*

### *VI. Roslikova, A.B. Gyninova*

#### **Transformation of solid phase of texture-differentiated soils of Middle Priamurye as a result of drainage meliorations, and diagnostic implication of Mn-Fe concretions in this process**

The paper present the results of long-standing examinations of texture-differentiated soils drained for a long time by closed tile drainage using complex of methods including micromorphological and concretion analysis methods. The diagnostic indications of soil transformation in different parts of the catena soils are defined.

**Key words:** soil, catena, concretions, closed drainage, micromorphological structure.