

РИСОВЫЕ ПОЧВЫ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ В КИТАЕ*

*И. В. Ковда¹, М. П. Лебедева², Г.-Л. Чжан³, З.-Т. Гон³, Д.-Ц. Ли³,
В. И. Васнев⁴*

¹ Институт географии РАН

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН

³ Институт почвоведения АН Китая

⁴ Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова

Приведены общие сведения об особенностях почвообразовательных процессов и типологии рисовых почв. Охарактеризованы вторично-карбонатные рисовые почвы, встречающиеся в южном Китае. На примере одной из них рассмотрена морфология и обсуждаются предварительные результаты микроморфологического изучения обособлений, формирующихся на границе плужной подошвы.

Процесс вторичного окарбонирования рисовых почв весьма специфичен и происходит на фоне гидрогенной аккумуляции железа, кремнезема, специфической трансформации растительных остатков в водной среде. Общая мощность толщи, охваченной окарбонированием, составляет от 30 до 60 см. Помимо формирования сцементированных железисто-карбонатных стяжений, наблюдается заполнение пор железисто-карбонатными кутанами и инфиллингами, состоящими из крупных кристаллов кальцита, чему способствует медленная кристаллизация из насыщенных растворов.

Рис – одна из важнейших продовольственных культур в мире – является основным продуктом питания более чем половины населения Земли и особенно распространен в странах Азии.

Общепотребительный термин «рисовая почва» или «paddy soil» характеризует почвы определенного специфического способа использования. Это класс почв, поверхность которых затоплена водой в течение всего или части вегетационного периода (Лозе, Матье, 1998). Ареалы распространения этих почв ограничены регионами выращивания риса, т.е. условиями жаркого и влажного климата, и сосредоточены в Китае, Индии, Индонезии, Бангладеш, Таиланде, Японии, Вьетнаме и Бирме. В Китае эти почвы занимают не менее 30% от площади всех сельскохозяйственных территорий страны (Proceedings... , 1981). В других регионах мира к главным рисосеющим странам относятся Бразилия и Колумбия в Южной Америке, Италия в Европе, Египет, Нигерия и Мадагаскар в Африке, Иран на Среднем Востоке. В Северной Америке основной производитель риса – США,

где его выращивают главным образом в Арканзасе, Луизиане, Миссисипи, Техасе и Калифорнии. В ограниченных количествах рис производится на юге России (Кубань, Приморье, Адыгея, Чечня) и на Украине. В целом же, по данным ООН, география выращивания риса включает 113 стран.

Свойства рисовых почв весьма разнообразны, поскольку определяются свойствами исходных почв, вовлеченных в выращивание риса. Однако все рисовые почвы объединены тем, что близкий уровень грунтовых вод и поверхностное затопление водой под культуру риса обуславливают их принадлежность к гидроморфным почвам.

ТИПОЛОГИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ РИСОВЫХ ПОЧВ

Генетические исследования рисовых почв Китая были начаты в 30-е годы XX в. За это время разработано несколько классификаций рисовых почв, обобщенных Гоном (Gong, 1981; Gong and Xu, 1990). Известны системы классификации в соответствии с географическим распространением и агроклиматическими условиями (5 районов, включая северный, центральный, южный, юго-западный и район среднего и нижнего течения реки Чанцзян или Янцзы, показанные на рис. 1), генетическими факторами (развитые на основе зональных, луговых, болотных или засоленных почв). Также существуют типизации, основанные на водном режиме (промывные, переувлажненные, застойные и др.), кислотно-щелочных условиях (кислые, нейтральные, карбонатные или позже сильно-, средне- и слабо-элювиальные), генетических процессах (окислительные, восстановительные и окислительно-восстановительные рисовые почвы).

В свете современных представлений о принципах классификации, рисовые почвы следует относить к техногенным почвам. Согласно принципам мировой коррелятивной базы (2007), рисовые почвы были отмечены среди первых антропогенных почв и определены как соответствующие Антросолям, с выделением особого иррагрикового горизонта. Подробнее иррагриковые Антросоли (Ittragric Anthrosol) рассмотрены при анализе генезиса и классификации орошаемых почв Китая (Гон и др., 2004). В современной классификации почв Китая (Gong et al., 1999) они выделяются на уровне порядка Антросолей и на уровне группы как иррагрик-ортиковые.

Положение рисовых почв в новой Классификации почв России (2007) неоднозначно. С одной стороны, как антропогенно-преобразованные, они, по-видимому, должны выделяться на уровне отдела Агроземов. Но они вполне отвечают и критериям отдела Стратоземов, для которых особо оговаривается роль ирригационных вод в формировании (периодическом поступлении) минерального и органического материала.

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В РИСОВЫХ ПОЧВАХ

Особенности выращивания культуры риса приводят к появлению в почвах специфических процессов. Длительное затопление поливными водами

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 07-04-092121-ГФЕН.

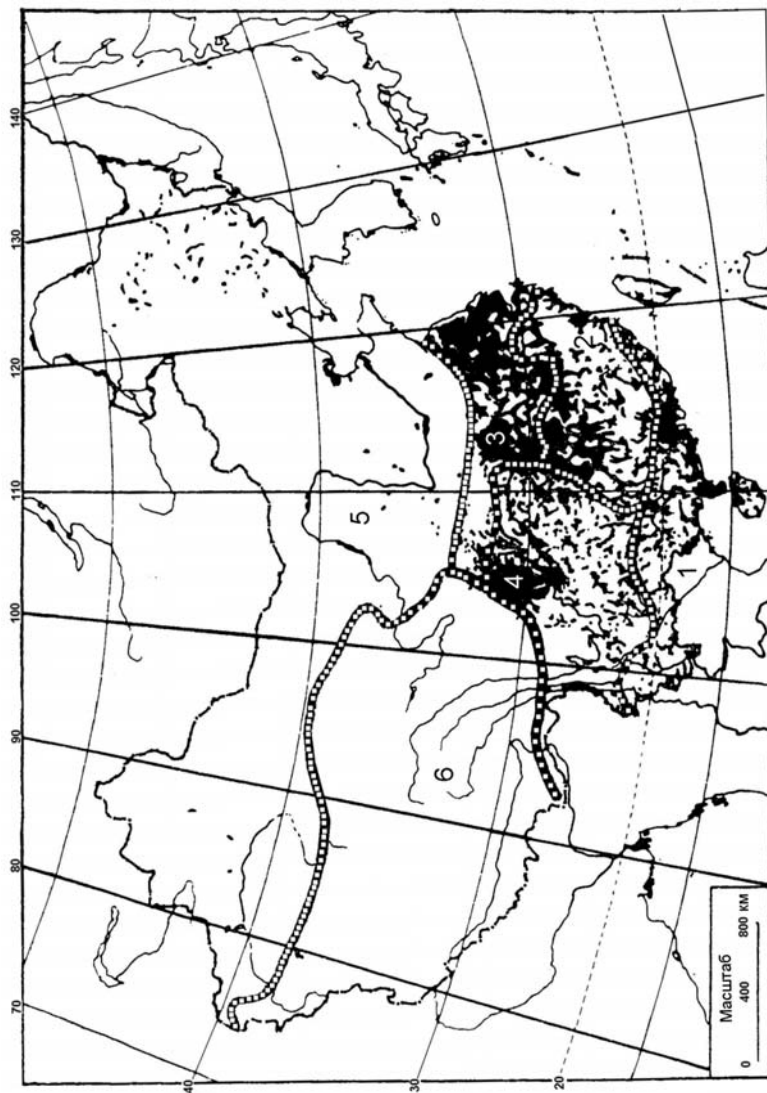


Рис. 1. Карта-схема регионального распределения рисовых почв Китая (по материалам Го и Кси, 1990). Ареалы рисовых почв южного Китая (1), центрального Китая (2), среднего и нижнего течения р. Янцзы (3), юго-западного Китая (4), северного Китая (5), без рисовых почв (6).

на протяжении десятков–сотен лет, восстановительный режим, обильное внесение удобрений, большая масса корневых остатков создают условия для культурного (антропогенного) лугово-болотного почвообразования (Ковда, 1959). В то же время затопление при рисосеянии не всегда влечет за собой принципиальные изменения в условиях почвообразования. Например, это касается муссонных регионов, где рис культивируют в период дождей, либо производства риса на территориях, испытывающих паводки: поймы, дельты и другие понижения, характеризующиеся естественным режимом периодического затопления. В таких случаях морфология рисовых почв отражает, главным образом, природные процессы (Корнблум, Любимова, 1973) и возможно усиливает их.

К специфическим процессам в рисовых почвах относят особенности синтеза и разложения органического вещества, перераспределение обменных оснований, элювиально-иллювиальное перераспределение соединений железа и марганца, выветривание и синтез глинистых минералов (Gong and Xu, 1990). Кроме того, особенностью не только рисовых, но и многих других длительно возделываемых почв Китая, является рост профиля «вверх». Мутные ирригационные воды, внесение навоза, землистых удобрений или речного ила с целью улучшения почвенных свойств, приводят к постоянному росту поверхности рисовых почв вверх, а также к оглиниванию верхнего пахотного горизонта. Так, при использовании мутных ирригационных вод рост вверх составляет 1.0–1.5 мм/год, достигая 0.25–1.0 см/год при внесении ила или навоза (Gong, 1981; Гон и др., 2004).

Отметим некоторые другие особенности рисовых почв. Это увеличение общего содержания органического вещества при одновременном снижении соотношения С гк/С фк, ароматичности и молекулярного веса. В результате процессов элювиирования при затоплении водой в рисовых почвах происходит перераспределение обменных оснований; внесение навоза, извести и удобрений приводит к росту насыщенности основаниями. Существенно увеличивается динамика соединений железа и марганца связанная с изменением окислительно-восстановительных условий. Восстановленные формы образуют комплексные соединения с органическим веществом и мигрируют вниз с образованием кутан по граням педов. Верхняя часть профиля рисовых почв обеднена железом, содержит осветленные и сизые оглеенные зоны. В нижней части профиля соединения железа накапливаются с образованием ярких зон окисленного железа. Это поверхностное оглеение, вызванное затоплением и распространяющееся на глубину до 50–60 см, называют также «перевернутым оглеением» (Дюдаль, 1965).

Существуют специфические разновидности рисовых почв, например, в Бирме (Мьянме), Японии и Китае описаны так называемые «деградированные» рисовые почвы, характеризующиеся облегченным гранулометрическим составом, отсутствием сизого оттенка связанного с оглеением, и

белесым поверхностным горизонтом, обогащенным кремнеземом. Образование деградированных рисовых почв связывают с аккумуляцией кремнезема посредством грунтовых вод (Розанов, Розанова, 1965). Кремнезем, как предполагалось, накапливался в виде кварца. Торп обнаружил и описал необычно высокое содержание кремния в железистых конкрециях и хардпенах рисовых почв южного Китая (Thorp, 1936, цит. по Корнблюму и Любимовой, 1968).

Другой специфический процесс – вторичное окарбоначивание – может происходить в рисовых почвах субтропического климата при окультуривании за счет орошения карбонатными водами и многолетнего внесения извести в качестве удобрения.

ВТОРИЧНОЕ ОКАРБОНАЧИВАНИЕ РИСОВЫХ ПОЧВ

Карбонатные рисовые почвы или вторично-карбонатные гапличаггниковые Антросоли (Recalcaric Hapli-Stagnic Anthrosols) встречаются во влажных субтропических условиях южного Китая. Впервые они были изучены в сороковых годах XX в. (Guo, 1941) и по современным оценкам занимают около 700 тыс. га. Эти почвы приурочены к карстовым районам, а также к древним аллювиальным отложениям дельты р. Жемчужная. Подобный карстовый район описан В.А. Ковдой (1959) на юге Китая в провинции Юньнань, где распространены 100–200-метровые известняковые останцы карстовой денудации или островные горы. Между останцами расположена красноцветная элювиально-делювиальная кора выветривания, на которой местными крестьянами возделывается рис.

Вторичное окарбоначивание рисовых почв в условиях субтропического муссонного климата связано с использованием карбонатных вод (рН 6.5–7.5 и выше), традиционным многолетним внесением извести в качестве удобрения кислых почв и возможным поступлением карбонатов с осадками. По имеющимся данным для изучаемого региона поступление кальция с атмосферными осадками может достигать 135 кг/га CaCO_3 . Поступление CaCO_3 с ирригационными водами оценивается в 600–1500 кг/га в год, увеличиваясь в карстовых водах по сравнению с речными. И, наконец, известкование дает от 1500 до 2250 кг/га, в зависимости от традиций возделывания земель (Gong and Zhang, 2006).

По-видимому, можно говорить об искусственно созданном маргалитном ландшафте, т.е. ландшафте влажных тропиков с кальциевым классом водной миграции (Перельман, 1966). Несмотря на относительную устойчивость доломитизированных известняков к выветриванию, потери восполняются поступлением кальция при внесении известково-доломитовой муки на протяжении нескольких сотен лет в качестве мелиоранта.

Карбонаты накапливаются в верхней части профиля с максимальным содержанием на уровне подплужной подошвы и, как правило, быстрым снижением их содержания с глубиной. Мощность окарбоначенного (вски-

пающего от 10% HCl) горизонта меняется от ~30 до 50–80 см. Содержание CaCO_3 достигает 100–300 г/кг при соотношении $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ от 10 до 30.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВТОРИЧНО-КАРБОНАТНЫХ РИСОВЫХ ПОЧВ

Вторично-карбонатные рисовые почвы изучены в карстовых районах в окрестностях г. Гуйлинь автономного района Гуанси. Почвы формируются в условиях влажного субтропического муссонного климата (годовое количество осадков 1500–1900 мм с выпадением до 70% осадков летом; средняя годовая температура +15...+20 °С, средние $T_{\text{января}}$ +7.9 и $T_{\text{июля}}$ +25 °С соответственно). Типичный ландшафт данного региона представлен на рис. 2. Ровная плоская слабонаклонная поверхность осложнена останцовым рельефом, представленным плотными слоистыми трещиноватыми доломитизированными известняками. Основные производимые сельскохозяйственные культуры – рис и тропические фрукты.

Вторично-карбонатные рисовые почвы распространены на древних и молодых бескарбонатных аллювиальных отложениях, на более возвышенных территориях формируются бескарбонатные или сильновыщелоченные красные почвы и рендзины или, согласно новой классификации почв Китая, литоморфные изогумосоли (Рендзины), карбонато-удиковые Камбосоли (Carbonati-Udic Cambosol = Terra fusca), карбонато-удиковые Ферросоли (Carbonati-Udic Ferrosol = Terra rossa). Примеры строения профиля рисовых почв в разных регионах Китая показаны на рис. 3.



Рис. 2. Типичный останцовый ландшафт южного Китая в районе г. Гуйлинь.

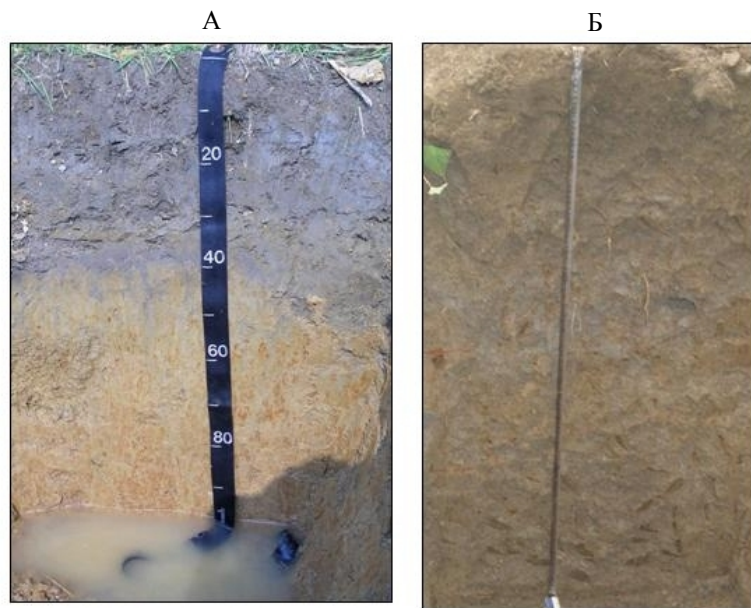


Рис. 3. Примеры строения профиля рисовых почв: А – южный Китай, Б – юго-западный Китай.

Ниже приводится морфологическая характеристика сильнокарбонатной рисовой почвы, изученной в окрестностях г. Гуйлинь (25° 03' 20.3" с.ш., 110° 14' 23.9" в.д.). Территория представляет собой ровную слабонаклонную древнюю аллювиальную равнину. Разрез заложен на абсолютной высоте 153 м над уровнем моря на частном фермерском поле, расположенном на высокой пойме. До начала 90-х гг. XX в. здесь проводилось известкование почвы. В настоящее время рН верхней метровой толщи меняется в пределах 7.9–8.2. В 2008 г. (в год проведения полевого исследования) урожай риса был снят в июле, затем поле засеяли фасолью. Однако соседние поля, где выращивался рис, были еще залиты водой, что обусловило высокий (~40 см) общий уровень грунтовых вод на момент экспедиционных работ. Для изучения морфологии и для отбора почвенных образцов по генетическим горизонтам воду по возможности вычерпали.

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА (разр. GR-02).

А пах 1, 0–15 см. Темно-серый, 10 YR 5/1 (сухой), свежий, мягкий, слабо уплотненный, комковатый, среднесуглинистый, вскипает с поверхности; слабопористый, не липкий. На поверхности почвы и по трещинам – водоросли и мох. Горизонт состоит из привнесенного органического материала и имеет несколько облегченный состав. Охристые железистые кутаны заметны в порах, по ходам корней и на поверхности педов. Содержит обиль-

ные включения раковин и их обломков. При подсыхании проявляется сизоватость окраски, тонкие рыжеватые кутаны становятся отчетливее, видны темно-бурые стяжения размером ~ 3 мм.

А пах 2, 15–20 см. Темно-серый, светлее предыдущего 10 YR 6/2 (сухой), с рыжеватыми и буроватыми пятнами, влажноватый. Вскипает, более глинистый, липкий, слабопористый. По граням педов – желтоватые железистые кутаны. В массе горизонта встречаются крупные включения известняка и обломки раковин. В нижней части горизонта проходит горизонтальный прослой из твердых образований (скрипит от ножа и лопаты). Из влажноватой минеральной массы этого прослоя выделяются обособления (сегрегации) неправильной формы с неровной поверхностью размером от 0.5 до 3–4 см (рис. 4А). При разломе виден их карбонатно-железистый состав: мелкозем содержит мелкие белые включения, охристые железистые пятна и примазки ярко-красного цвета. Граница ровная, переход ясный по цвету, плотности, влажности.

АВ, 20–30 см. Неоднородно окрашен: темный цвет убывает и постепенно сменяется желтым. В сухом состоянии цвет светло-серый с желтыми включениями 10 YR 6/3 и 10YR 7/4 соответственно. Влажный, уплотненный, не вскипает, липкий, более пористый, чем предыдущий горизонт. Содержит многочисленные мелкие плотные обособления размером от нескольких миллиметров до сантиметра на основе доломитовой муки. Много железистых стяжений: ярко-малиново-красные конкреции, небольшие рыжеватые новообразования с нечеткой границей, их количество возрастает по сравнению с предыдущим горизонтом. При полном высыхании появляется слабое вскипание.

В, 30–60 см. Пятнистый, неоднородно окрашен благодаря сизым и красно-оранжевым пятнам, стяжениям, кутанам на желтом фоне основной массы. В сухом состоянии цвет 10 YR 7/6 желтый со слабым красноватым оттенком. Слабые сизые пятна выражены по ходам корней и граням педов. Много красных железистых и черных марганцевых конкреций. Сырой, плотный, глинистый, структура неясная из-за высокой влажности, распадается на ореховатые острореберные педы с очень неровной ячеистой поверхностью и гранями. Тонко- и среднепористый.

ВС, 60–80 см (вода). Сырой, до начала описания был полностью в воде; ярко желтый с узкими серыми пятнами вдоль трещин, очень липкий, глинистый, структура неясная из-за перенасыщенности водой. При полном высыхании усиливается рыжеватость, цвет 10YR 6/8. Слабая сизоватость видна по крупным порам и в виде слабых кутан на некоторых поверхностях педов. В целом глеевые признаки в разрезе выражены слабо. Железистые стяжения не заметны. Сохраняются слабые красновато-кирпичные кутаны и прокраска некоторых граней. Пористость более крупная. Структура мелкоореховатая с зернистостью, поверхностью и грани педов очень неровные.

МОРФОЛОГИЯ И МИКРОМОРФОЛОГИЯ КАРБОНАТНЫХ ОБОСОБЛЕНИЙ

Выделенные из почвенного разреза обособления (сегрегации) были изучены дополнительно. Некоторые мелкие и плотные обособления оказались включениями обломков известняка. Наиболее крупные, несмотря на свою морфологическую обособленность от вмещающей почвенной массы, на срезе были представлены минеральной массой с вкраплениями железистых новообразований и мелких известковых стяжений (включений). Вероятно, их обособление вызвано некоторой степенью окарбоначенности и цементации материала карбонатами кальция и возможно соединениями кремния. По наблюдениям Гона с коллегами, изучающих вторично-карбонатные рисовые почвы на протяжении длительного времени, размер плотных карбонатных стяжений может достигать 5–10 и даже более 20 см. Однако наши исследования трех вторично-карбонатных рисовых почв, не обнаружили крупных сегрегаций и карбонатных конкреций (журавчиков).

Два образца обособлений (сегрегаций) различного размера с разной глубиной изучены в шлифах. Предварительные микроморфологические исследования показали, что обособления характеризуются специфическим строением, что позволяет предполагать различные генезис и интенсивность почвенного преобразования.

Основу обособления размером ~1 см, отобранного в нижней части гор. А пах 1 (15-20 см), составляет крупный фрагмент – включение, в котором отчетливо видны многочисленные правильные по форме ромбоэдрические кристаллы доломита с микрозернистым внутренним строением, сцементированные микроспаритовым кальцитовым цементом (рис. 4Б). Вероятно, это делювиальный обломок доломитового известняка, в котором в условиях интенсивного и длительного обводнения почвы отмечен ряд микропризнаков преобразования: с одной стороны, наблюдаются полости растворения в краевых зонах с последующим ростом вторичных микроспаритовых кристаллов кальцита, с другой стороны – железистые и/или глинисто-железистые пленки, покрывая поверхность, способствуют предохранению от дальнейшего интенсивного разрушения (рис. 4Б). Описанный обломок доломитового известняка расположен в неоднородном слоестом материале с выраженным чередованием тонкопылеватоплазменных и плазменно-песчаных зон, в которых первичные зерна минералов окружены карбонатно-железистым тонкодисперсным материалом. Среди первичных зерен минералов (представленных в основном кварцем угловатой формы) встречаются отдельные зерна выветрелого ожелезненного и растрескавшегося доломита.

Обособления с глубины 20–30 см имеют в шлифах красновато-желтый цвет. В них также отмечается неоднородность по распределению крупно-песчаных минеральных зерен. В составе плазмы, как и в предыдущем ва-

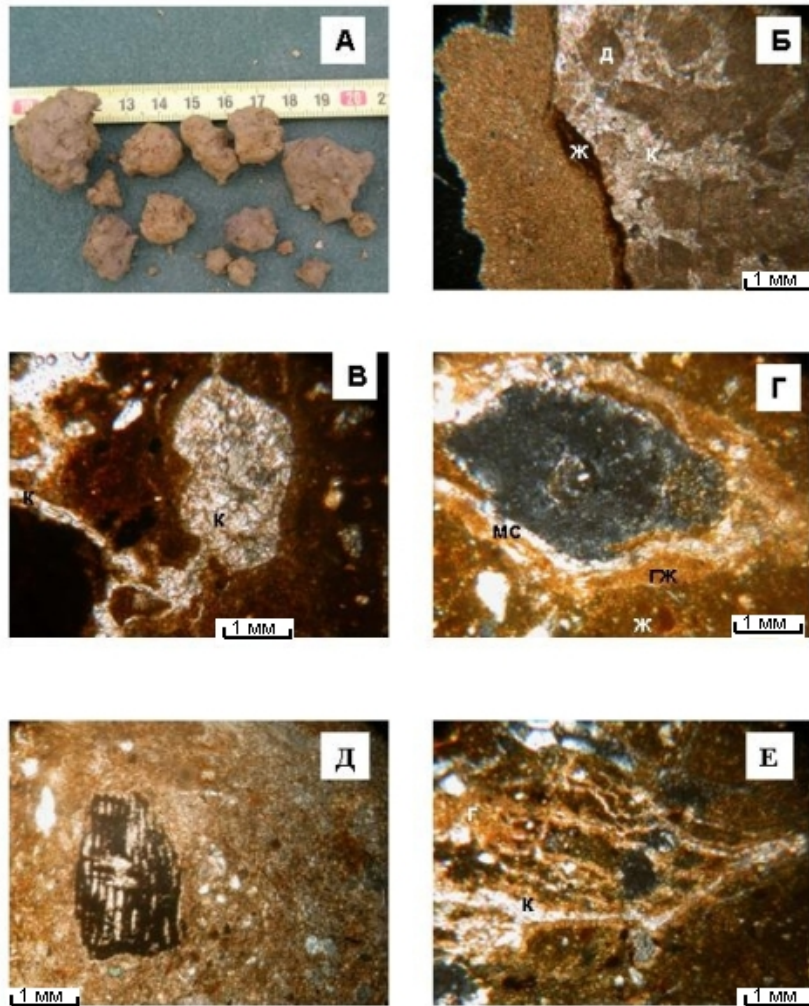


Рис. 4. А – новообразования во вторично-карбонатной рисовой почве; Б – обломок доломитовой породы: ромбические кристаллы доломита (д), окруженные перекристаллизованным кальцитом (к), покрытые железистой (ж) кутаной (N||); В – поры, заполненные спаритовым кальцитом (к), в сильноожезленной плазме (N×); Г – слоистая карбонатная кутана с чередованием микроспаритовых (мс) и глинисто-железистых (гж) слоев в сильноожезленной плазме (ж) (N×); Д – крупный обугленный растительный остаток в слабоожезленном пылеватоглинистом материале (N||); Е – окарбоначенные (к) и оглиненные (г) растительные ткани в сильноожезленном материале (ж) (N×).

рианте, преобладают железисто-карбонатные компоненты. Формируются железистые новообразования различной плотности, размера и микроформы – от мелких рыхлых пятен и/или зон пропитки до плотных крупных нодулей. В крупных порах наблюдаются вторичные карбонатные многослойные микроспаритовые кутаны иллювиирования или, в случае полного заполнения кутаной тонких пор, плотные спаритовые инфиллинги (рис. 4В, Г). Их наличие свидетельствует о формировании в условиях длительного водонасыщения вмещающей массы карбонатными водами. Можно предполагать в составе карбонатного вещества присутствие сидерита, но его диагностика требует проведения специального рентгенодифрактометрического анализа. Длительное водонасыщение гумусового горизонта определяет формирование специфических растительных остатков – крупных обугленных тканей (рис. 4Д) и окарбонированных и оглиненных волокон корневых волосков (рис. 4Е).

Китайские материалы микроморфологического изучения карбонатных новообразований, полученные на аналогичных почвах, показали, что строение новообразований варьирует в зависимости от степени окарбонированности. В слабоокарбонированных почвах – это нодулы или криптористаллические выцветы; в сильноокарбонированных – многослойные железисто-карбонатные кутаны в порах, практически полностью заполняющие поры кристаллами кальцита. В некоторых почвах выделялось до трех подгоризонтов плужной подошвы (А пах 2): верхний, средний и нижний – с плотными стяжениями карбонатов, железисто-марганцевой цементацией, и совместным выпадением железисто-карбонатных гелей соответственно (Сао and Jin, 1982). Таким образом, полученные нами предварительные данные микроморфологического анализа совпадают с результатами предыдущих исследований и свидетельствуют о том, что в изученной почве на различной глубине присутствуют признаки, характерные для новообразований как сильноокарбонированных, так и слабоокарбонированных рисовых почв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рисовые почвы характеризуются определенным набором элементарных почвенных процессов, включая метаморфизм минерального и органического вещества, переорганизацию, оглеение, сегрегацию почвенной массы. Основным трендом развития рисовых почв – преобразование исходных свойств и почвенного профиля вследствие переувлажнения, связанного с выращиванием культуры риса. В почвах активизируются восстановительные процессы, происходит перераспределение соединений железа и марганца, миграция тонкодисперсных частиц, меняется цветовая окраска профиля, могут развиваться элювиальные процессы, перераспределение почвенных компонентов, вторичные процессы засоления или заболачивания.

Специфической разновидностью рисовых почв являются вторично-карбонатные рисовые почвы, в которых рисоводство ведет не к деградации, а к проградации исходных почв. В определенных условиях в рисовых почвах может происходить антропогенное окарбонирование: многовековое использование под культуру риса с внесением доломитовой муки, удобрений и затоплением карбонатными водами приводит к постепенному накоплению карбонатов в исходно выщелоченных почвах, их трансформации в слабо- и сильноокарбонированные с изменением кислой реакции среды на нейтральную и слабощелочную.

Процесс окарбонирования рисовых почв весьма специфичен и происходит на фоне гидрогенной аккумуляции железа, кремнезема, специфической трансформации растительных остатков в водной среде. Происходит формирование железисто-карбонатных стяжений на фоне цементации почвенной массы кремнеземом. Кристаллы кальцита имеют крупный размер, что свидетельствует о медленной кристаллизации из насыщенных растворов. Верхняя граница таких конкреций, вероятно, маркирует наиболее высокое положение грунтовых вод. В шлифах с различной глубины отмечается формирование многослойных карбонатно-железистых кутан, либо полное заполнение пор крупными кристаллами кальцита. Общая мощность толщи охваченной окарбонированием составляет около 30 см, но слабое вскипание может распространяться до 60 см.

Валовой анализ карбонатных стяжений из подплужных горизонтов показал, что в них 85–150 г/кг Fe₂O и 100–150 г/кг СаО. Таким образом, валовой анализ конкреций из рисовых почв подтвердил комплексный железисто-карбонатный состав конкреций рисовых почв, установленный микроморфологическим методом. Соосаждение соединений железа и карбонатов приводит к усиленной цементации подплужной подошвы с возрастанием плотности до 1.7 г/см³ и более. Минералогический состав карбонатно-железистых стяжений требует дополнительного изучения минералогическими методами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гон Ж., Жан Г., Чен Ж., Юан Д., Руан К. Генезис и классификация орошаемых почв Китая (ирригационных Антросолей) // Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей В.А.Ковды. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2004. С. 239–253.

Дюдаль Р. К вопросу о генезисе и классификации рисовых почв (paddy soils) // География и классификация почв Азии. М.: Наука, 1965. С. 189–192.

Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С. Генезис и диагностическое значение новообразований почв лесной и лесостепной зон. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 216 с.

Ковда В.А. Очерки природы и почв Китая. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 456 с.

Корнблум Э.А., Любимова И.Н. Условия и механизм деградации почв рисовых полей // Почвоведение. 1973. № 8. С. 96–106.

Лозе Ж., Матье К. Толковый словарь по почвоведению М.: Мир, 1998. 398 с.

Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов: основа для международной классификации и корреляции почв // М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2007. 280 с.

Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1966. 392 с.

Розанов Б.Г., Розанова И.М. К вопросу о генезисе «деградированных» почв рисовых полей тропиков. География и классификация почв Азии. М.: Наука, 1965. С. 237–242.

Cao Shenggen and Jin Guang Micromorphological Diagnosis of the Fertility Characteristics of Paddy Soils // Acta Pedologica Sinica. 1982. V. 19 P. 394-401. (in Chinese).

Gong Zi-tong On the genetic classification of paddy soils in China// Proc. Symp. on paddy soil. Beijing: Science Press, 1981. P. 129–138.

Gong Z. et al. Chinese Soil Taxonomic Classification – Theory-Method-practice. Beijing: Science Press, 1999. 903 p.

Gong Zi-Tong and Zhang Gan-Lin Anthropogenic calcified paddy soils in subtropical China // Abstracts 18th World Congress of Soil Science. 2006. Philadelphia, Pennsylvania, USA. CD ROM.

Gong Z. and Xu Q. Paddy soils// Soils of China. Beijing: Science Press, 1990. P. 233–260.

Guo Kuishi Primary Study on Soils in the Limestone Area in Guangxi // Soil Quarterly. 1941. № 1. P. 32–47. (in Chinese).

Proceedings of symposium on paddy soil. Beijing: Science Press, 1981. 864 p.