

ПОЧВЫ РИСОВЫХ ПЛАНТАЦИЙ КАМБОДЖИ — АКВАЗЕМЫ

А.Д. КАШАНСКИЙ, к. с.-х. н.; В.Д. НАУМОВ, д. б. н.

(Кафедра почвоведения)

Представлены результаты исследований рисовых почв Камбоджи. Вследствие длительной культуры затопляемого риса формируются антропогенно-преобразованные почвы, обладающие специфическими свойствами и режимами. На формирование региональных рисовых почв — аквазёмов большое влияние оказывают особенности проявления факторов почвообразования. Для территории Камбоджи эта специфика определяет характер элементарных почвообразовательных процессов, строение и свойств почв. Проведена сравнительная оценка типов рисовых почв — аквазёмов Камбоджи, формирующихся на различных элементах рельефа, разных по генезису и минералогическому составу почвообразующих пород и обладающих разным уровнем плодородия.

Акваземы — своеобразная группа типов почв, существенно преобразованных антропогенным воздействием и резко отличающихся от исходных почв, вследствие длительного культивирования риса при систематическом продолжительном затоплении. В научной литературе эти почвы выделяются под общим названием «рисовые почвы». Исходными почвами для формирования аквазёмов является большой набор типов почв от красных ферраллитных, вертисолей, пойменных, черноземовидных до каштановых почв и такыров. Акваземы формируются в контрастных условиях гидротермического и окислительно-восстановительного режимов. Ежегодное продолжительное затопление аквазёмов создает устойчивые длительно сохраняющиеся гидроморфные анаэробно-восстановительные условия в профиле. Особенности выветривания и почвообразования в акваземах определяются не столько природными условиями, сколько специфической хозяйственной деятельностью человека. В них складывается особый, антропогенно созданный периодически гидроморфный тип почвообразования, ведущую роль в котором играет трансформация и миграция минеральной части почв [2, 4, 6]. В этих условиях развитие получают про-

цессы растворения, восстановления, комплексобразования с переходом устойчивых оксидов Fe и Mn в закисные, весьма миграционно-способные формы, что и предопределяет возможность выщелачивания веществ, особенно из верхнего пахотного слоя горизонта аквазема. В сухой сезон происходит их деградация и закрепление в виде конкреций, латеризованных горизонтов или в виде корочек на поверхности почвы. Гумусообразование и гумусонакопление в акваземах заметно ослаблены. Количество органических веществ, поступающих с пожнивными остатками риса, в виде фито-зоопланктона и сорной растительности, вегетирующей при переходе к сухому сезону и в начале влажного до устойчивого затопления, весьма незначительно. Его недостаточно не только для накопления, но и для воспроизводства гумуса почвы. Анаэробные условия и высокая аэрация в сухой сезон благоприятствуют ускоренной минерализации поступающих органических остатков. Поэтому в акваземах складывается отрицательный гумусовый баланс. Темпы деградации гумуса обусловлены свойствами различных типов аквазёмов. Существенным фактором формирования аквазёмов является бесменная многовековая куль-

тура поливного риса и однообразная ежегодная система обработки: неглубокое (16–18 см), но достаточно интенсивное рыхление в начальный период затопления, с последующей нивелировкой поверхности почвы. Это приводит к обеднению горизонта $A_{\text{пах}}$ тонкодисперсными частицами. Под ним формируется уплотненный подпахотный слой, оглеенный, сильно оглиненный, служащий водоупором при затоплении. При наличии постоянной сети чеков и естественном испарении поливных вод в период массового созревания риса, в отличие от принудительного сброса воды, не происходит больших потерь тонкодисперсного материала, органических и органоминеральных соединений. Пахотный горизонт в течение года испытывает наиболее контрастный гидротермический режим, вызванный сменой затопления и иссушения. Влияние былых природных факторов, сформировавших исходные почвы для акваземов в настоящее время, сводится к минимуму.

Вследствие длительной культуры затопляемого риса, замены естественной растительности, нарушения естественного биологического круговорота веществ, почвенных режимов, установления специфического гидрологического режима исходные почвы утрачивают свои первоначальные свойства, морфологический облик и преобразуются до уровня самостоятельного типа почв — аквазем.

Неогенез определяется, главным образом, установлением специфического водного режима, приводящего к преобразованию направленности и интенсивности почвообразовательных процессов, свойственных той или иной почве до её введения под культуру риса. Среди почв, осваиваемых под рис, в меньшей степени подвержены серьезным нарушениям морфолого-генетических свойств и режимов гидроморфные аллювиальные почвы по сравнению с зональными. Так, по данным [1], период трансформации для чернозема составляет приблизительно 100 лет,

лугово-черноземной почвы — 40–60, аллювиальной луговой — 40, перегнойно-глеевой — около 30 лет. Среди особенностей рисовых почв необходимо назвать антропогенную преобразованность их профиля. Введение в процесс почвообразования дополнительного антропогенного фактора — длительного затопления — обуславливает создание в почвах ежегодно в течение 4–5 мес восстановительных условий. Такая резкая смена экологической обстановки неизбежно вызывает изменение основных элементарных почвенных процессов, приводит к нарушению сложившегося в почвах равновесия. Вследствие изменения окислительно-восстановительного режима меняется характер и направленность биологических, химических, физико-химических превращений. В силу этого в почвах рисовых полей развиваются процессы, которые не были свойственны исходным или обладали иной степенью выраженности и формой проявления. В частности, в результате длительного затопления и чередования восстановительных и окислительных условий разрушаются почвенные агрегаты, происходит глубокое разложение минеральной основы почвообразующих пород, проявляется сильное оглеение, утяжеление и уплотнение почв, уменьшается водопроницаемость, наблюдается вынос мелкодисперсных и иловатых частиц из верхнего слоя, частично разрушается почвенный поглощающий комплекс, уменьшается содержание гумуса в пахотном горизонте, опресняется профиль почв, снижается и реакция почвенного раствора [5].

При длительном использовании почв под затопляемую культуру риса наблюдается одинаковая направленность процессов почвообразования на различных исходных почвах. Определяющее влияние на диагностику акваземов в настоящее время оказывают литологические и минералогические особенности почвообразующих пород, гранулометрический состав, глубина залегания грунтовых вод.

Почвообразование на акваземах складывается из ряда элементарных процессов: оглеения, конкрециообразования, латеризации, обезливания или поступления взвесей, элювиально-глеевого процесса, отбеливания, слитизации и педотурбации, гидрогенной аккумуляции вещества, наличия реликтовых признаков и т.д. Широкая география аквазёмов, различие условий почвообразования на фоне литологических и минералогических особенностей почвообразующих пород определяет специфические черты, генетические свойства, морфологическое и классификационное разнообразие аквазёмов.

Объекты исследования

Региональные особенности рисовых почв рассмотрены на примере Камбоджи, где были выделены следующие типы аквазёмов: аквазёмы гумусово-ферралитные; аквазёмы гумусово-каолининовые; аквазёмы гумусово-кварцево-аллитные; аквазёмы пластичные; аквазёмы гумусовые элювиально-глеевые. Выделенные типы почв формируются на различных элементах рельефа: слабодренированных депрессиях, нижних частях склонов, древних и современных надпойменных террасах, озерно-аллювиальных равнинах и т.д. Особенностью грунтовых вод на акваземах реки Меконг является их близкое залегание к поверхности, даже в сухой сезон они не опускаются глубже 2–3 м, а в дожд-

ливый — смыкаются с поверхностными водами, и в чеках устанавливается уровень воды 30–40 см. Грунтовые воды характеризуются среднекислой реакцией (рН 4,5–4,7), низкой степенью минерализации — 1–1,5 г/л, наличием коллоидных взвесей и отчетливым восстановительным режимом ОВП, составляющим 150 мВ.

Экспериментальная часть

Рассмотрим генетические особенности, строение, состав и свойства основных типов аквазёмов Камбоджи.

Аквазёмы гумусово-ферралитные формируются в нижних частях склонов на продуктах переотложения ферраллитных кор выветривания. Характерной особенностью почвообразующей породы является повышенное содержание оксидов железа и глинистый гранулометрический состав. В связи с подчиненным положением в рельефе в профиле гумусово-ферраллитных аквазёмов происходит аккумуляция соединений железа, выносимого с латеральным потоком из красных и желтых ферраллитных почв, занимающих более высокие позиции. Определенная сбалансированность выноса и аккумуляции соединений железа обуславливает ферраллитный состав данных аквазёмов и морфологические признаки рубефикации профиля.

Аквазем гумусово-ферраллитный имеет следующее строение: $A_{\text{пак}(g)} - B_{1g(Cn,ox)} - B_{2g(ox, Cn)} - B_{3g(G,ox)} - BC_{g(G,ox)} - G_{(G)}$.

- $A_{\text{пак}(g)}$ — пахотный горизонт мощностью до 20 см, коричневато-серый, глинистый, в сухой сезон на поверхности рубефицированные пленки, комковато-глыбистый, плотный, в разной степени оглеен, переход замечен по плотности и степени оглеения.
- $B_{1g(Cn,ox)}$ — переходный конкреционный горизонт, желтый с сизыми и ржавыми пятнами, глинистый, комковатый, более плотный, часто содержит окисленные конкреции, переход по цвету и плотности постепенный.
- $B_{2g(ox, Cn)}$ — переходный конкреционный горизонт, желто-бурый с желтовато-красными и сизыми пятнами, глинистый, комковато-ореховатый, уплотненный, часто содержит железистые конкреции, переход ясный по увлажнению, структуре, оглеению.
- $B_{3g(G,ox)}$ — переходный, железисто-бурый, сырой, глееватый, глыбистый, менее плотный, часто включает железистые конкреции с сильным оглеением.
- $BC_{g(G,ox)}$ — аналогичен горизонту $B_{3g(G,ox)}$, более влажный, сильно оглеенный.
- $G_{(G)}$ — глеевый горизонт, глинистый, бесструктурный, с обломками базальта.

При глинистом гранулометрическом составе в профиле гумусово-ферраллитных акваземов отчетливо выражено обеднение пахотного горизонта илом (таблица). Диагностическим признаком расматриваемых акваземов является высокое содержание валового железа, особенно в горизонтах, насыщенных конкрециями. Минералогические исследования илистой фракции свидетельствуют о преобладании в этих почвах устойчивых минералов — каолинита, гетита, геббсита, бемита — характерных продуктов ферралитового выветривания. Среднее содержание гумуса в горизонте $A_{\text{пах}}$ составляет 2,5%. Гумус имеет фульватный состав — $C_{\text{г.к.}} : C_{\text{ф.к.}} < 0,4$. Реакция среды — сильнокислая, степень насыщенности основаниями в горизонте $A_{\text{пах}}$ ниже 40%, высоких показателей достигает гидролитическая кислотность — до 9 мгэкв/100 г почвы. Емкость катионного обмена очень низкая — не превышает 5 мгэкв/100 г почвы. Почвы бедны доступными формами фосфора и калия.

Акваземы гумусово-каолиновые распространены на выраженных надпойменных террасах и озерно-аллюви-

альных равнинах крупных рек. В долине реки Меконг они встречаются крупными однородными массивами, реже в ассоциации с гумусово-кварцево-аллитными и пластичными акваземами. Мелкие пятна гумусово-каолиновых акваземов встречаются на плато в замкнутых котловинообразных понижениях, по долинам и пологим склонам ложбин. Грунтовые воды залегают неглубоко и не опускаются глубже 2,5 м даже в конце сухого сезона. Почвообразующими породами служат древнеаллювиальные однородные отложения глинистого гранулометрического состава. На плато, по отрицательным формам рельефа, почвообразующие породы представлены делювиальными и делювиально-пролювиальными отложениями. Ведущий процесс аллитизации сочетается с отдельными элементарными процессами почвообразования, что определяет разнообразие гумусово-каолиновых акваземов на типовом и подтиповом уровнях. Морфолого-генетическое строение профиля представлено следующими горизонтами: $A_{\text{пахg}} - B_{1g(\text{Cn})} - B_{2g(\text{Cn})} - B_{3g(\text{G,Cn})} - BC_{g(\text{G,Cn})} - C_{\text{G}}$.

- $A_{\text{пахg}(\text{Cn})}$ — пахотный горизонт мощностью до 20 см, однородный, сизовато-серый, тяжелого гранулометрического состава, комковато-глыбистый, плотный, оглеен, с мелкими железистыми конкрециями, пронизан корнями, переход заметный по цвету, структуре, плотности.
- $B_{1g(\text{Cn})}$ — переходный конкреционный, светло-серый с сизыми и ржавыми пятнами, глинистый, ореховато-комковатый, плотный, железистые конкреции, редкие корни, переход ясный по цвету и плотности.
- $B_{2g(\text{Cn})}$ — переходный конкреционный, серый с сизыми ржавыми пятнами, глинистый, ореховато-комковатый, редкие корни, железистые конкреции, переход ясный по цвету и плотности.
- $B_{3g(\text{Cn})}$ — переходный конкреционный, серый с крупными сизыми пятнами или сплошь оглеен, глинистый, комковато-ореховатый, уплотненный с более крупными железистыми конкрециями, переход постепенный по цвету и степени оглеения.
- $B_{\text{g}}(\text{G}_{1\text{Cn}})$ — переходный, буровато-серый, с крупными сизыми пятнами или рыжий, слабо уплотнен, редкие конкреции, переход по цвету и включениям базальтового щебня.
- CG — почвообразующая порода, сизо-бурого или сизого цвета, неотсортированная, с включениями щебня базальта.

В случае подстилания мелкоземистого профиля коренными базальтами верхняя часть их превращена в литомарж — сизовато-белесый сильно выветренный, оглеенный часто пятнистый слой, постепенно с глубины 0,5–1,0 м, переходящий в плотный базальт. По гранулометрическому составу среди рассмотренных акваземов наибольшее распространение получили тяжелосуглинистые и глинистые разновидности (см. таблицу). Содержание основных компонентов валового состава, их профильное распределение подтверждает аллитную генетическую сущность данных почв и отражает определенную степень их деградации, выражающуюся в определенном накоплении SiO_2 в верхних горизонтах при одновременном обеднении их не только щелочно-земельными элементами, но и оксидами железа и алюминия. Илистая фракция гумусово-каолинитовых акваземов представлена довольно однообразной ассоциацией глинистых минералов: каолинитом, каолинит-сметтитом, гетитом, хлорид-вермикулитом при доминирующем содержании каолинита. Содержание гумуса невысокое — около 2%. Гумус имеет резко фульватный состав: $C_{\text{гк}} : C_{\text{фк}}$ не превышает 0,4. Реакция среды среднекислая — $\text{pH}_{\text{ккл}}$ не менее 5,5; степень насыщенности основаниями около 50%.

Гумусово-каолинитовые акваземы имеют очень низкую емкость катионного поглощения (до 5 мгэкв/100 г почвы), что свидетельствует о глубокой деградации ППК и малой физико-химической активности тонкодисперсной части каолинитового минералогического состава. Содержание алюминия может достигать токсичных для растений количеств (3 мг на 100 г почвы). Они бедны доступными формами фосфора, калия и микроэлементов (Mo, Co, Zn) применительно даже к условиям низкого выноса. Лучше складывается обеспеченность Mn и Cu. Патогенные горизонты имеют глыбисто-комковатую структуру, характеризуются

отсутствием водопрочных агрегатов, плотным сложением (до $1,45 \text{ г/см}^3$), низкой фильтрационной способностью ($0,1-0,2 \text{ мм/ч}$). Плотность твердой фазы в горизонтах $A_{\text{пах}}$ составляет $2,79 \text{ г/см}^3$, в конкрециях и латеризированных горизонтах возрастает до $3,3 \text{ г/см}^3$. Общая пористость колеблется от 40 до 55%, пористость аэрации — 7–20%. Средняя полевая влагемкость не превышает 36%, при высокой влажности завядания (15–17%).

Акваземы гумусово-кварцево-аллитные формируются на древних надпойменных террасах, на относительно возвышенных выровненных пространствах. Почвообразующими породами служат древнеаллювиальные отложения преимущественно легкого гранулометрического состава, часто двучленного сложения. Естественное затопление гумусово-кварцево-аллитных акваземов происходит на 1–1,5 мес позднее по сравнению с другими типами акваземов. В их затоплении особое значение приобретает уровень грунтовых вод, регулируемый подъемом воды в реках. В годы, недостаточно обеспеченные осадками, при низком уровне воды в реках, наблюдается опускание уровня грунтовых вод в профиле и тем самым исключается возможность использования этих почв под рис. В отдельные годы они вообще не затопливаются.

Основные морфолого-генетические особенности и специфические свойства акваземов гумусово-кварцево-аллитных обусловлены двучленностью почвенного профиля по гранулометрическому составу, унаследованному от почвообразующей породы. Для них характерен легкий (песчано-супесчаный) гранулометрический состав в верхней части профиля и подстилание глинисто-тяжелосуглинистой породой в пределах метровой толщи, являющейся водоупором.

Профиль гумусово-кварцево-аллитных акваземов имеет следующее строение: $A_{\text{пахg}} - B_{1g(\text{Cn})} - B_{2g(\text{Cn})} - B_{3g(\text{G,Cn})} - BC_{g(\text{G,Cn})} - C_{g,\text{Cn}(\text{G})}$.

Химические, физико-химические, агрохимические показатели аказемов

Горизонт и глубина взятия образца, см	Гумус, 7%	N, %	Валовые, % на прокаленную навеску			pH KCl	Гидролитическая кислотность, мгэкв/100 г почвы	Поглощенные основания, мгэкв/100 г почвы				Гранулометрические элементы, %		Доступные формы, мг/100 г почвы	
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	<0,01 мм	<0,001 мм	P ₂ O ₅	K ₂ O
Аказем гумусово-ферралитный															
A _{пах} 0-20	2,14	0,175	35,87	14,46	40,83	4,6	8,28	3,42	1,30	0,05	0,07	51,3	0,86	2,41	
B _{1гст} 30-40	2,23	0,189	39,14	17,89	34,12	4,0	6,87	2,56	1,20	0,04	0,06	73,8	0,42	1,69	
B _{2гст} 40-50	0,79	0,042	41,93	22,42	27,98	4,2	3,05	1,79	1,58	0,04	0,01	86,0	0,16	1,69	
B _{3гст} 65-75	0,76	0,042	39,10	24,56	28,41	4,6	1,64	2,42	2,18	0,04	0,06	94,7	0,22	1,69	
CG 100-110	—	—	38,89	25,98	28,50	4,8	2,72	2,78	2,78	0,04	0,06	95,5	0,67	1,93	
Аказем гумусово-каолинтный															
A _{пах} 0-20	2,35	0,152	52,14	27,30	9,94	4,7	6,32	2,34	2,44	0,15	0,06	78,0	0,36	7,22	
B _{1гст} 30-40	0,98	0,086	50,41	35,10	6,01	4,4	3,59	2,48	3,94	0,06	0,10	90,8	0,40	2,89	
B _{2гст} 60-70	0,83	0,084	50,67	36,63	4,01	4,4	3,38	2,62	4,00	0,04	0,10	95,8	0,97	1,93	
B _{3гст} 100-110	0,64	0,061	53,30	33,85	4,58	4,6	1,53	2,80	4,42	0,04	0,09	95,9	0,59	1,93	
BCG 130-140	0,49	0,045	48,19	34,83	9,57	4,1	4,47	4,48	3,22	0,04	0,10	88,0	0,75	1,69	
CG 160-170	—	—	51,53	31,53	9,61	4,2	5,01	2,50	3,08	0,08	0,10	98,6	1,15	2,65	
Аказем гумусово-кварцево-аллитный															
A _{пах} 0-20	1,64	0,093	91,14	4,72	0,94	3,9	5,6	1,45	0,62	0,04	0,05	19,7	0,34	1,38	
B _{1г} 30-40	0,64	0,039	86,09	10,45	1,00	3,8	4,99	1,68	0,84	0,07	0,06	34,4	0,23	1,12	
B _{2г} 70-80	0,44	0,027	77,07	16,93	2,68	3,8	7,17	1,93	0,91	0,07	0,09	53,6	0,21	2,14	
B _{3г} 100-110	0,15	0,016	68,68	18,91	9,55	3,9	6,47	2,01	1,03	0,02	0,07	54,3	0,12	2,18	
Аказем пластичный конкреционный															
A _{пахст} 0-27	3,06	0,126	57,57	13,78	15,0	5,6	0,34	14,52	19,22	0,13	2,80	50,9	сл.	6,02	
B _{1Gст} 40-50	0,65	0,045	54,93	13,14	20,74	6,5	1,02	9,82	26,74	0,06	9,85	61,7	сл.	2,89	
B _{2Gст} 70-80	0,62	0,028	57,56	15,54	14,75	7,2	—	23,56	32,54	0,05	7,10	65,3	сл.	2,41	
B _{3Gст} Ca 110-120	0,35	0,021	51,18	12,38	17,87	7,1	—	40,80	35,80	0,10	3,48	55,0	0,32	4,82	
												45,0	сл.	2,41	
Аказем гумусовый элювиально-глебовый типичный															
A _{пахг} 0-23	0,96	0,040	96,63	1,80	0,45	4,4	2,01	0,44	0,08	0,08	0,10	11,7	0,36	3,61	
B _{1г} 40-50	0,40	0,026	91,75	6,10	0,53	3,9	2,19	0,62	0,12	0,18	0,07	27,9	0,11	8,79	
B _{2Гт} 60-70	0,59	0,039	79,81	14,83	2,89	4,3	2,98	1,29	0,36	0,06	0,07	43,8	0,10	2,65	
B _{3Гт} 90-100	0,34	0,024	80,03	15,6	2,65	4,1	2,98	0,73	0,12	0,04	0,10	43,9	0,12	1,68	
CG 120-130	—	—	80,23	16,57	1,87	3,9	2,64	0,57	0,08	0,03	0,07	39,4	0,10	1,20	

- $A_{\text{пах}}$ — пахотный горизонт мощностью 20 см, светло-серый, супесчаный с сизыми и ржавыми пятнами, переход ясный по цвету.
- $B_{1g(\text{Cn})}$ — переходный, светло-бурый или буровато-желтый с сизыми и ржавыми пятнами, супесчаный, редкие крупные конкреции, переход постепенный по цвету и гранулометрическому составу.
- $B_{2g(\text{Cn})}$ — переходный, пестроокрашенный, более влажный, от супесчаного до среднесуглинистого гранулометрического состава, с крупными сизыми и ржавыми пятнами, конкреции, переход постепенный по степени оглеения.
- $B_{3g(\text{G,Cn})}$, $BC_{g(\text{G,Cn})}$, $C_{g,\text{Cn}(\text{G})}$ — переходные к почвообразующей породе, сырые, различного гранулометрического состава, с отчетливыми признаками оглеения, часть сохранила сложение древнеаллювиальных отложений.

Среди гумусово-кварцево-алитных акваземов преобладают супесчаные и легкосуглинистые разновидности. В валовом составе характерно абсолютное преобладание кремнезема (до 97% SiO_2) и отчетливое обеднение облегченной по гранулометрическому составу части профиля оксидами железа, алюминия и основаниями (таблица). По мере утяжеления гранулометрического состава с глубиной, в конкреционных и латеризованных горизонтах содержание оксидов железа и алюминия возрастает, а кремнезема — снижается. Часто оксиды железа и алюминия распределены в профиле по эллювиально-иллювиальному типу, что можно рассматривать как результат иллювиальной и гидрогенной их аккумуляции в средней части профиля. Отмеченная дифференциация по профилю почв SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 может являться следствием деградационных процессов при возделывании затопляемой культуры риса. Потери оксидов в этом случае могут осуществляться как в результате вертикальной и боковой миграции в двучленном профиле, так и с поверхностным стоком избытка воды во влажный сезон. По данным минералогического состава, илистая фракция гумусово-кварцево-алитных акваземов довольно однообразна и состоит на 78–80% из каолинита. В нижней части профиля заметную примесь составляют спонтанно смутые каолинино-сметитовые и в меньшем количестве — слюда-сметитовые образования. В незначительных количествах присутствует бемит и гетит.

Рассматриваемые акваземы бедны гумусом (<2%), не имеют ярко выраженного гумусового горизонта и характеризуются глубоким проникновением гумуса фульватной природы в профиле. Реакция среды сильно-среднекислая (pH_{KCl} 4–5). Степень насыщенности основаниями 30–40%. Общая кислотность обусловлена преимущественно поглощенным алюминием, содержание которого в средней части профиля может достигать концентраций, токсичных для растений. Емкость катионного обмена очень низкая: в горизонтах $A_{\text{пах}}$ 1–2 мгэкв/100 г почвы, в нижней части профиля она возрастает с утяжелением гранулометрического состава.

Содержание доступных форм фосфора и калия крайне низкое. В равной степени они бедны доступными микроэлементами, особенно Mo, Co, Zn. При бесструктурности и легком гранулометрическом составе гумусово-кварцево-алитные акваземы имеют плотное сложение ($A_{\text{пах}}$ до 1,5 г/см³) с плотностью твердой фазы — до 2,70 г/см³, а в конкреционных и латеризованных горизонтах она повышается до 3,02 г/см³. Общая порозность составляет 38–45%, наибольшее её значение в латеризованных глеевых горизонтах. При плотном сложении и низкой пористости в сухой сезон скорость впитывания в первый час составляет 40 мм/ч. Скорость фильтрации при установленном объеме воды низкая — 0,1 мм/ч. Максимальная гигроскопичность в верхних горизонтах составляет 0,5–0,6%, что обуславливает низкие значения влажности завядания. В сухой

сезон почвы высыхают до критических величин влажности на глубину 40–60 см.

Акваземы пластичные занимают геохимически подчиненные территории слабодренированных депрессий, часто граничащих с выходами на дневную поверхность основных изверженных пород. Эти породы, быстро выветриваясь в условиях перманентно-влажного тропического климата, обогащают грунтовые и деллювиальные воды растворенным кремнием, кальцием и магнием. В условиях периодического затопления и среды, богатой растительным кремнеземом и щелочно-земельными основаниями, происходит гидрогенный синтез глинистых минералов вермикулит-монтмориллонитового состава. Это определяет специфические черты и своеобразие пластичных акваземов, многие из которых являются общими для слитых почв

и отмечены при характеристике вертисолей.

Общие характерные особенности акваземов пластичных следующие: наличие в сухой сезон на поверхности почвы непостоянной мощности мульчирующего слоя из ореховато-зернистых агрегатов, глубокая вертикальная трещиноватость, высокая степень оглеенности, карбонатные новообразования в средней и особенно нижней части профиля, большое количество плотных конкреций в пахотном горизонте и верхней охристой в сухой сезон части профиля. Типичные для вертисолей плоскости скольжения «сликенсаиды» в акваземах пластичных выражены менее отчетливо. Профиль акваземов пластичных имеет следующее строение: $A_{\text{пахглп}} - B_{1\text{sg}}(\text{Cn, CA}) - B_{2\text{sg}}(\text{Cn, CA}) - B_3G_{\text{CA}} - BC_{\text{Gca}} - BR_{\text{Gca}} - R$.

$A_{\text{пахгл}}(\text{Cn})$ — пахотный горизонт мощностью 18–20 см, темно-серый несколько светлее нижележащих, глинистый, реже тяжелосуглинистый, комковато глыбистый, сильно уплотнен, разбит вертикальными трещинами в сухом состоянии. Во влажном состоянии — липкий, пластичный, бесструктурный с признаками оглеения и наличием конкреций. Переход заметен по плотности и цвету.

$B_{1\text{sg}}(\text{Cn, CA})$ — метаморфический, переходный по гумусу горизонт с признаками слитизации, темно-серый с сизым или оливковым оттенком, глинистый плотный, глыбисто-блочный, конкреционный, переход постепенный по усилению оглеения.

$B_{2\text{sg}}(\text{Cn, CA})$ — метаморфический, с отчетливыми признаками слитизации, темно-серый с усиливающимися сизыми и оливковыми тонами, часто сильно оглеен, глинистый, встречаются карбонатные включения, переход постепенный по усилению оглеения и наличию щебня базальта.

B_3G_{CA} — менее метаморфизированный, сизый, глинистый с включением щебня базальта.

BC_{Gca} — выделяется в маломощных профилях (>2м), сильно оглеен, щебнистый, вскипает.

BR_{Gca} — литомарж — оглеенная кора выветривания базальта, белесовато-сизая, постепенно переходит в твердую породу R.

Акваземы пластичные имеют глинистый гранулометрический состав. Облегчение гранулометрического состава в пахотном тяжело-среднесуглинистом горизонте является признаком деградации этих почв. В средней метаморфизированной части профиля наблюдается максимальное оглинивание (см. таблицу). В валовом составе

преобладают оксиды кремния, алюминия и железа. В отличие от других типов акваземов, пластичные акваземы богаче кальцием, магнием, натрием. По данным минералогического анализа, в илистой фракции резко преобладают смектитовые и смешаннослойные каолинито-смектитовые образования. В нижних горизонтах присутствуют слю-

до-сметитовые образования, которые полностью отсутствуют в пахотном горизонте, где в заметных количествах обнаруживается гетит. Акваземы пластичные характеризуются сравнительно высоким (3–3,5%) содержанием гумуса и его гуматным составом $C_{гк} : C_{фк}$ более 1. Они имеют слабокислую реакцию среды ($pH_{HCl} > 5,5$), переходящую с глубиной в нейтральную. Акваземы пластичные отличаются высокой емкостью поглощения, поглощающий комплекс насыщен основаниями с преобладанием кальция и при высоком участии натрия. Акваземы пластичные очень низко обеспечены подвижными формами фосфора и калия и лучше, чем другие акваземы, обеспечены микроэлементами. Даже применительно к культурам повышенного выноса они высоко обеспечены марганцем, высоко- и средне-цинком, кобальтом и молибденом. Пластичные акваземы отличаются хорошим структурным состоянием. При сухом расसेве практически не обесструктурируется фракция $< 0,25$ мм, а пахотный горизонт состоит в основном из водопрочных структурных агрегатов размерами 3–5 и 2–3 мм. При затоплении эти почвы сильно набухают, приобретают слитое бесструктурное состояние без видимой пористости. В сухой сезон верхние горизонты высыхают, происходит усадка мелкозема, образование блочных отдельностей диаметром 40–60 см, разбиваемых вертикальными трещинами шириной 5–10 см, уходящими вглубь до 1 м. Плотность почвы в пахотных и подпахотных горизонтах изменяется от 1,48 до 1,63 г/см³, плотность твердой фазы обнаруживает максимальные значения в конкреционных горизонтах и колеблется от 2,80 — 3,01 г/см³ в пахотных горизонтах и до 3,31 г/см³ в конкреционных. Общая пористость, несмотря на сильную уплотненность почв, довольно высокая — 52–59% в

пахотных горизонтах. Предельная полевая влагоемкость при близком залегании грунтовых вод и наличии капиллярной каймы в почвенном профиле практически равна пористости и составляет 46–52% в пахотных горизонтах. Максимальная гигроскопичность варьирует по профилю от 12 до 21%, что обуславливает высокие показатели влажности завядания — более 30%. При насыщении почвы влагой и полном набухании фильтрация практически не наблюдается. Это свойство акваземов пластичных благоприятствует возделыванию затопливаемого риса.

Акваземы гумусовые элювиально-глеевые формируются в ассоциациях с акваземами гумусово-каолининовыми и гумусово-кварцево-аллитными на породах с отчетливо выраженной двучленностью. Особенностью этих пород является подстиление песчаных и супесчаных слоев мощностью 40–70 см тяжелосуглинистыми и глинистыми отложениями. Верхний нанос легкого гранулометрического состава подвержен влиянию элювиально-глеевого процесса, сопровождающегося потерей восстановленных соединений железа и марганца, тонкодисперсного материала и появлением в профиле кремнеземистой присыпки. На контакте смеси пород в профиле обособливается осветленный контактно-глеевый горизонт. Миграционные пути веществ в профиле сложны и осуществляются нисходящими боковыми потоками по поверхности подстилающей породы и поверхностным стоком при переполнении чехов водой. Наличие водоупора в виде подстилающей породы усиливает оглеение и образование конкреций в средней части профиля.

Почвы приобретают своеобразное строение с дифференциацией на следующие горизонты: $A_{пахг(G)} - B_1(G) - B_2Gt - BC_G - C_G$.

$A_{пахг(G)}$ — пахотный горизонт, розовато-серый с сизым оттенком и ржавыми пятнами, уплотнен, непрочной комковатой структуры, переход заметен по цвету.

- $B_{1(G)}$ — переходный, розовато-серый с сизыми и ржавыми пятнами, более влажный, кремнеземистая присыпка, песчано-супесчаный, комковатый, переход ясный по цвету пятнистости и гранулометрическому составу.
- B_2Gt — переходный, розовато-сизый с крупными ржавыми пятнами, тяжелоуглинистый, комковатый, очень плотный, переход постепенный по цвету.
- BC_G — переходный к почвообразующей породе, розовато-сизый с ржавыми пятнами, тяжелоуглинистый, комковато-глыбистый, липкий, переход постепенный по цвету.
- C_G — почвообразующая порода, розовато-сизого цвета, среднесуглинистая, глыбистая, плотная, равномерно оглеена.

Данные гранулометрического состава отражают двучленность профиля (см. таблицу). Смена его обнаруживается в горизонте B_{1g} или B_{2g} . Акваземы гумусовые элювиально-глеевые характеризуются низким содержанием гумуса, фульватным его составом, сильно кислой реакцией среды по всему профилю. В этих почвах довольно высокая гидролитическая кислотность, очень низкая емкость поглощения (около 1 мгэкв/100 г почвы), крайне низкое содержание поглощенных оснований и степень насыщенности. Отмеченные свойства отображают сильную деградацию данных почв, вызванную длительным использованием под культуру затопляемого риса и воздействием элювиально-глеевого процесса с оттоком продуктов почвообразования.

Сельскохозяйственное использование

Монопольной культурой на акваземах является рассадный рис, возделываемый при затоплении. Естественное затопление постоянной сети чеков происходит сравнительно быстро — за 1–2 мес с наступлением сезона дождей. В первую очередь затопляются отрицательные слабодренированные формы нано- и мезорельефа пластичных и каолиновых акваземов, где выращивают рассаду риса. Вспашку почвы проводят в период ее полного насыщения или неглубокого затопления, после чего следует тщательное выравнивание поверхности чека. Рассадку риса высаживают по мере затоп-

ления чека. После уборки и перехода к сухому сезону за счет остаточных запасов влаги, а также в начальный период влажного сезона, до устойчивого затопления, создаются благоприятные условия для вегетации сорной растительности. В этот период акваземы используются как малопродуктивные пастбища. В сухой сезон растительность полностью выгорает и почвы иссушаются на глубину до 60 см. В них развиваются окислительные процессы и ряд недоокисленных органических и минеральных соединений, многие из которых неблагоприятны для роста риса, трансформируются и утрачивают свои вредные свойства и плодородие восстанавливается. Действие удобрений в этом случае более эффективно по сравнению с почвами, постоянно находящимися в восстановленном режиме. Естественное плодородие различных типов акваземов обуславливает неодинаковую урожайность риса, выращиваемого без применения минеральных удобрений: акваземы пластичные — 15–18 ц/га, акваземы гумусово-каолиновые — 10–15 ц/га, акваземы гумусово-кварцево-аллитные — 6–8 ц/га. Применение минеральных удобрений в дозе 60 кг д.в. NPK способствует увеличению урожая риса в 2–3,5 раза, особенно на гумусово-кварцево-аллитных акваземах. Экономически эффективной оказалась доза 30 кг д.в. NPK. Среди акваземов по бровкам чеков часто проводится бессистемная посадка сахарной пальмы, а вблизи источников воды ограничено развито ово-

щеводство, в водоемах культивируется лотос.

Важной хозяйственной проблемой в переменнo-влажнoх трoпиках является использование акваземов в сухой сезон. При возделывании культур на акваземах в сухой сезон необходимо применять поливные нормы из расчета увлажнения 50 см слоя: для гумусово-каолинитовых — 240–500 м³/га, для гумусово-кварцево-аллитных — 200–225, пластичных — 650 м³/га. В сухой сезон без орошения на акваземах ограничено выращивают кукурузу, сахарный тростник, табак, джут. Урожайность кукурузы — 40 ц/га, технических стеблей сахарного тростника — 15–16 т/га. Наиболее распространенным ограничением для роста растений на акваземах являются повышенные концентрации подвижного алюминия и восстановленных соединений, ретроградация подвижных фосфатов.

Выводы

1. Рисовые почвы — аквазёмы — особая группа типов почв, встречающаяся в различных регионах мира и обладающая специфическими признаками, свойствами и режимами, приобретенными под влиянием длительного ежегодного затопления при возделывании риса, установлением специфического водного режима.

2. Почвообразование на аквазёмах складывается из ряда элементарных процессов: оглеения, конкрециообразования, аллитизации, латеритизации, рубефикации, обезиливания, элювиально-глеевого процесса, отбеливания, слитизации, педотурбации, гидрогенной аккумуляции веществ.

3. Выявлены следующие диагностические признаки аквазёмов Камбоджи: аквазёмы гумусово-ферраллитные характеризуются высоким содержанием валового железа, особенно в горизонтах, насыщенных конкрециями; аквазёмы гумусово-каолинитовые — накоплением SiO₂ в верхних горизонтах почв при одновременном обеднении их щелочно-земельными элементами, оксидами железа и алюминия; аквазёмы гумусово-кварцево-аллитные — двучленностью профиля, абсолютным преобладанием в верхней части кремнезёма (до 97%), отчетливым обеднением оксидами железа, алюминия и основаниями; аквазёмы пластичные — проявлением слитогенеза, по свойствам они приближаются к вертисолям, богаче других аквазёмов оксидами кальция, магния и натрия; аквазёмы гумусовые элювиально-глеевые — наличием отчетливо выраженной двучленности профиля и осветленным контактно-глеевым горизонтом.

Библиографический список

1. Бочко Т.Ф., Авакян К.М., Шейджен А.Х. и др. Окислительно-восстановительные процессы в почвах рисовых полей Кубани. Майкоп, 2002. — 2. Зонн С.В. Тропическое почвоведение. М.: Изд-во УДН, 1986. — 3. Кириенко Т.Н. Рисовые поля Украины и пути оптимизации почвообразовательных процессов. Львов: Вища школа, 1985. — 4. Обухов А.И., Обухова В.А. Динамика содержания железа и марганца в почвах рисовых полей Бирмы // Химия рисовых полей. М.: Наука, 1976. С. 209–229. — 5. Титков А.А., Кольцов А.В. Влияние орошения затоплением на мелиоративные условия и почвенный покров Присивашья. Симферополь, 1995. — 6. Фридланд. Почвы и коры выветривания влажных тропиков, 1964.

Рецензент — д. с.-х. н. В.И. Савич

SUMMARY

Results of research into rice soils in Cambodia are offered in the article. Owing to long-term inundated rice cultivation restructured soil are formed anthropogenic and have some specific properties and states. Peculiarities of soil-forming factors have a great influence upon regional rice soil formation «aquasoil». For the territory of Cambodia this specific character determines the nature of elementary soil-forming processes, structure and properties of soil. Comparative evaluation of rice soil types «aquasoils» forming on various elements of relief, of different genesis and mineralogical composition, having various fertility level has been made in the article.