

MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM ĐỊA HÓA ĐẤT KHU VỰC THÀNH PHỐ THANH HÓA

Quách Đức Tín

Viện nghiên cứu Địa chất và Khoáng sản

Nghiên cứu địa hóa đất và muối hóa bề mặt là một trong những nội dung cơ bản của đề án "Điều tra địa chất đô thị Thanh Hóa". Diện tích nghiên cứu khoảng 250km² bao gồm diện tích thị xã Thanh Hóa, một phần huyện Quảng Xương, Đông Sơn, Thiệu Hóa và Hoàng Hóa.

Căn cứ vào nguồn gốc phát sinh và cơ chế thành tạo, đất ở khu vực nghiên cứu được phân chia thành 12 kiểu đất gồm: đất cát (C), đất phù sa clay (Pg), đất phù sa có tầng loang lỗ vàng (Pf), đất phù sa úng trũng (Pj), đất phù sa bị biến đổi (P), đất nâu vàng trên đá phiến sét (Fs), đất đỏ vàng trên đá phun trào (Fu), đất màu vàng trên đá trầm tích carbonat (Fc), đất bị xói mòn trơ sỏi đá (E), đất mặn ít (Mi), đất mặn trung bình (Mb) và đất chua mặn (SM).

Đặc điểm địa hóa môi trường của từng loại đất ở khu vực quy hoạch đô thị Thanh Hóa được thể hiện bằng các chỉ số địa hóa môi trường (pH, Eh, Ec), độ muối hóa, chất dinh dưỡng và nguyên tố vi lượng.

1. Đặc điểm địa hóa môi trường đất.

+ Độ pH: trong toàn vùng nghiên cứu, giá trị pH hầu hết nằm trong môi trường trung tính ($pH_{TB} = 6,56$) cao nhất tại kiểu đất Fc. Môi trường pH bình ổn được quyết định bởi đặc tính tương đối thuận nhất của các thành tạo trầm tích trong khu vực. Hơn nữa, quá trình lục địa hóa diễn ra lâu dài, vùng không bị ảnh hưởng của thủy triều thường xuyên và quá trình canh tác đã bình ổn.

+ Eh: Môi trường oxy hóa khử không đồng nhất giữa các kiểu đất, thấp nhất tại kiểu đất Pj (-200mV) thể hiện môi trường khử, cao nhất tại kiểu đất Fs (478mV) thể hiện môi trường oxy hóa đặc trưng. Nhìn tổng thể trong toàn vùng thuộc môi trường khử yếu ($Eh_{TB} = 151mV$). Chủ yếu các vùng khử liên quan tới các kiểu đất Pj, Mi, Mb, SM đặc trưng cho địa hình thấp trũng thường xuyên ngập nước và có chứa nhiều tàn tích thực vật. Có lẽ chính sự tập trung cao xác thực vật là một trong những nguyên nhân tạo nên môi trường khử trong khu vực.

+ Ec: độ dẫn điện Ec biến động rất lớn giữa các kiểu đất khác nhau và đạt cực đại tại kiểu đất SM (2,07) và thấp nhất tại kiểu đất Fs (0,02) điều đó chứng tỏ rằng kết cấu đất và độ linh động của các ion trong các kiểu đất là khác nhau. Trong môi trường axit và khử thường độ linh động tăng cao.

2. Đặc điểm muối hóa (M)

+ M: là tỷ số hàm lượng tổng muối tan/ giới hạn mặn. Chỉ số M cho phép đánh giá mức độ muối hóa đối với từng kiểu đất khác nhau. Nghiên cứu chỉ ra rằng, M tương đối ổn định trong hầu hết các kiểu đất trong vùng nghiên cứu ($M_{TB} = 1,41$). Quá trình nhiễm mặn chủ yếu xảy ra ở các vùng cửa sông, ven biển, các vùng ngập nước hoặc trước đây từng là rừng sú vẹt, được như khu vực Hùng Tiến, Xóm Thắng,... các loại muối NaCl, MgCl..... bị tái hòa tan rửa trôi tích đọng lại ở những vùng trũng không thoát nước làm tiền đề cho quá trình muối hóa sau này. Bên cạnh đó phải kể đến sự xâm nhập mặn của nước biển vào nước ngầm làm cho nước ngầm bị nhiễm mặn. Trong biên độ dao động nhiệt cùng độ ẩm không khí không ổn định, muối được di chuyển và tập trung lên mặt theo quá trình mao dẫn. Nhờ bốc hơi thoát hơi tạo ra

biển và cát bột màu xám vàng, xám nhạt ở phía trong. Đất thuộc loại trung tính ($\text{pH H}_2\text{O}=6,7$; $\text{pH KCl}=5,91$) môi trường oxy hóa yếu ($E_h = 149\text{mV}$) nghèo dinh dưỡng ($N_{\text{ts}}=0,1\%$; $K_{\text{ts}}=0,4\%$; $P_{\text{ts}}=0,1\%$) cation trao đổi đều thấp. Mức độ tập trung các nguyên tố vi lượng không giống nhau cao nhất là Cu ($T_{\text{Cu}} = 2,25$) thấp nhất là As ($T_{\text{As}} = 0,39$) các hệ số khác (T_{Pb} , T_{Zn} , T_{phenol} , T_{cyanua}) dao động xấp xỉ 1. Đây là loại đất nghèo dinh dưỡng, có biểu hiện ô nhiễm Cu, Zn và dị biến thiếu As, Hg.

4.3.2. Đất phù sa clay (Pg): là kiểu đất chiếm phần lớn diện tích vùng nghiên cứu tập trung chủ yếu ở phân trung tâm. Loại đất này có nguồn gốc chủ yếu là các trầm tích sông tạo nên. Con người đã và đang liên tục canh tác trồng lúa nước tạo hiện tượng hiêm khí thời đoạn gây ra clay hóa ở nhiều mức độ khác nhau. Thành phần chủ yếu là bột sét xen lẫn cát hạt nhỏ, màu xám trắng, xám vàng, xám xanh. Điển hình cho loại đất này là môi trường trung tính ($\text{pH H}_2\text{O} = 6,11$, $\text{pH KCl}=5,79$), khử yếu ($E_h=196\text{mV}$), độ dẫn điện thấp ($E_c=0,09\text{mS/cm}$), các ion kém linh động, hàm lượng mùn thấp, chất dinh dưỡng trung bình. Mức độ tập trung nguyên tố vi lượng ở mức trung bình, cao nhất là Cu ($T_{\text{Cu}}=2,54$), thấp nhất là As($T_{\text{As}}=0,39$).

4.3.3. Đất phù sa có tầng loang lổ đỏ vàng (Pf): Là loại đất chiếm diện tích thứ hai ở vùng nghiên cứu sau đất clay, tập trung chủ yếu ở góc tây nam vùng nghiên cứu và một phần ở phía đông thành phố Thanh Hóa. Nguồn gốc chủ yếu là các trầm tích sông, sông biển.

Điển hình của kiểu đất này là có sự tích lũy cation cao như Al^{3+} (5,0%), Ca^{2+} (3,01%), Mg^{2+} (1,8%)... làm cho kết cấu đất rắn chắc, bắt đầu của quá trình thoái hóa đất. Môi trường thuộc loại chua nhẹ ($\text{pH H}_2\text{O} = 5,53$, $\text{pH KCl}=4,48$), oxy hóa trung bình yếu ($E_h=135\text{mV}$). Mức độ tập trung nguyên tố vi lượng trung bình, cao nhất là Cu ($T_{\text{Cu}}=3,79$), thấp nhất là As($T_{\text{As}}=0,24$).

4.3.4. Đất phù sa úng trũng (Pj): Là loại đất chiếm diện tích nhỏ, tập trung dọc theo các hệ thống sông nhánh phía tây vùng nghiên cứu, độ cao thấp (từ 1,6 đến 3,5m), độ dốc nhỏ ($< 2^\circ$).

Đặc trưng nhất của loại đất này là môi trường khử điển hình, giá trị E_h thấp nhất tới -200mV , trung bình 52mV . Các chỉ số địa hóa khác ở mức trung bình. Mức độ tập trung nguyên tố vi lượng thấp, cao nhất là Cu ($T_{\text{Cu}}=2,23$), thấp nhất là As($T_{\text{As}}=0,34$).

4.3.5. Đất phù sa không bị biến đổi (P): Là kiểu đất chiếm diện tích trung bình, tập trung chủ yếu ở thành phố Thanh Hóa, phía bắc và dải tây nam vùng nghiên cứu, độ cao nhỏ (2-3,6m), độ dốc nhỏ ($2-5^\circ$). Đất có nguồn gốc trầm tích biển, sông biển, thành phần chủ yếu là bột, sét, cát màu xám, nâu vàng. Điển hình là môi trường trung tính, oxy hóa yếu, nghèo chất dinh dưỡng. Mức độ tập trung nguyên tố vi lượng thấp, chỉ có dị biến dương Cu ($T_{\text{Cu}}=2,59$) và Zn ($T_{\text{Zn}}=1,56$).

4.3.6. Đất nâu vàng trên đá phiến sét (Fs): Chiếm diện tích nhỏ trong vùng, gặp ở phía tây bắc thành phố Thanh Hóa và một phần phía đông bắc vùng nghiên cứu. Điển hình của kiểu đất này là có độ chênh cao địa hình lớn (5-190,5m), độ dốc trung bình ($20-30^\circ$). Quá trình bào mòn, rửa trôi diễn ra mạnh mẽ, đôi chỗ còn quan sát thấy các mương xói, khe xói. Chính vì thế đặc trưng địa hóa đất bề mặt cũng không ổn định. Môi trường biến đổi từ chua nhẹ tới trung tính ($\text{pH H}_2\text{O} = 5,56-7,78$; $\text{pH KCl}=4,81-7,12$), thế oxy hóa khử biến đổi từ khử yếu sang oxy hóa trung bình ($E_h=127-312\text{mV}$), các chỉ số khác nhìn chung thấp. Mức độ tập trung nguyên tố vi lượng đều ở

muối hóa. Chính nhờ cơ chế đó mà ngay tại một số vùng địa hình tương đối cao trong khu vực chúng ta vẫn gặp hiện tượng muối hóa như ở khu vực Xóm Cường.

+ Các chỉ số khác như $M_1, M_2, M_3, \dots, C_1, C_2, \dots$ được xác định theo nguyên tắc lấy hàm lượng phân tích chia cho giá trị giới hạn. Nhìn chung, các tham số muối hóa tương đối thấp hầu hết < 1 . Mức độ tập trung cao chỉ gặp ở 3 kiểu đất Mi, Mb, SM.

3. Đặc điểm chất dinh dưỡng

3.1. **Chất mùn (Mu):** tổng độ mùn nhìn chung thấp, dao động trong khoảng từ 0,13-7,11%, trung bình là 1,29%. Giá trị cao của tổng độ mùn chủ yếu tập trung ở các vùng có lớp phủ thực vật dày (Fu) hoặc các vùng sinh lầy, nơi tích tụ nhiều xác thực vật, vật chất hữu cơ hay các vùng canh tác hoa màu, bón nhiều phân hữu cơ.

3.2. **Đặc điểm chất NPK, tổng số ΣNPK :** hàm lượng chất dinh dưỡng NPK tổng số trong đất xác định tiềm năng phát triển nông lâm nghiệp trong vùng. Nó là nguồn thức ăn dự trữ tiềm ẩn và thường xuyên bổ sung cho đất dưới dạng chất dễ tiêu và cây cối sẽ hấp thụ. Hàm lượng N nhìn chung rất thấp chỉ đạt 0,09% toàn vùng, thấp nhất ở vùng đất cát 0,01% và cao nhất ở đất phù sa 0,42%. Hàm lượng P_2O_5 thuộc loại nghèo trung bình đạt 0,1% cao nhất ở đất phù sa 0,39% và thấp nhất ở vùng đất cát 0,02%. Hàm lượng K_2O thuộc loại trung bình (0,36%) lớn nhất ở kiểu đất mặn ít 0,9% và thấp nhất ở kiểu đất Pg 0,02%.

4. Đặc điểm địa hóa và thành phần nguyên tố vi lượng trong các kiểu đất.

Trong bài báo này trên cơ sở đề án ĐCDT Thanh Hóa chúng tôi xem xét một số nguyên tố: Cu, Pb, Zn, As, Hg, Co, Mn, phenol, cyanua. Tổng số mẫu phân tích vi lượng là 150 mẫu do viện Hóa học thuộc Trung tâm KHTN & CNQG phân tích.

4.1. Chọn giá trị giới hạn được sử dụng

Các nguyên tố: Pb, Zn, As, Co, Hg lấy theo TC Trung Quốc 1989.

Các nguyên tố Cu, Mn lấy theo UNESCO 1990

Các nguyên tố phenol, cyanua so với giá trị trung bình trong đất dải ven biển Bắc Trung Bộ (1997).

4.2. Chọn biên giới hạn thừa và thiếu nồng độ vi lượng:

Hệ số tập trung T (hệ số Talasofile) được xác lập theo công thức: $T = \frac{\bar{X}_i}{Li}$

Trong đó: \bar{X}_i : giá trị trung bình của nguyên tố i trong tập mẫu cần đánh giá.

Li: giới hạn cho phép của nguyên tố i.

Từ kết quả nêu trên đã xác định được mức độ tập trung và mối liên quan giữa các nguyên tố vi lượng với từng loại đất khác nhau. Qua đó xác nhận rằng mức độ tập trung các nguyên tố vi lượng đều ở mức trung bình hoặc dưới giới hạn cho phép. Trường địa hóa dị biến dương (thừa) nổi bật nhất là Cu với hệ số T_{Cu} cực đại đạt 10,67; $\bar{T}_{i_{Cu}} = 2,26$. Trường dị biến địa hóa âm rõ nét nhất là As (T_{As} nhỏ nhất = 0,12).

4.3. Đặc điểm của các kiểu đất

Từ các kết quả nêu trên cho phép chúng tôi đánh giá tổng hợp đặc điểm địa hóa và thành phần nguyên tố vi lượng trong từng kiểu đất ở khu vực nghiên cứu như sau:

4.3.1. Kiểu đất cát (C): Đất cát phân bố chủ yếu ở phía đông vùng nghiên cứu tạo thành các dải hẹp theo phương Bắc-Nam. Là loại đất có diện tích tương đối lớn. Thành phần gồm chủ yếu là cát thạch anh màu xám, xám sáng chứa ilmenit ở các dải ven

mức giới hạn cho phép hoặc thấp hơn, cao nhất là Cu ($T_{Cu}=1,51$), thấp nhất là As ($T_{As}=0,22$).

4.3.7. Đất đỏ vàng trên đá phun trào (Fu): Là loại đất chiếm diện tích rất nhỏ, gặp ở phía tây bắc vùng nghiên cứu và một vài khối nhỏ ở phía bắc thành phố Thanh Hóa. Địa hình có sự chênh cao lớn (4,5-158,2m), độ dốc trung bình (15-25⁰). Thành phần chủ yếu là bột sét màu đỏ vàng, toi xốp, độ rỗng trung bình, chứa nhiều mùn thực vật. Nguồn gốc thành tạo từ vỏ phong hóa trên đá phun trào hệ tầng Cẩm Thủy. Các chỉ số địa hóa tương đối ổn định, môi trường thuộc nhóm trung tính (pH H₂O =6,87, pH KCl=6,14), (Eh=213mV), hàm lượng mùn trung bình 1,64%, các chất dinh dưỡng trung bình, các cation kém linh động. Mức độ tập trung nguyên tố vi lượng đều rất thấp, thiếu nồng độ của nhiều nguyên tố (As, phenol...), nhưng lại có sự tăng cao của Cu ($T_{Cu}=4,71$, $T_{Cu\max}=8,17$).

4.3.8. Đất nâu vàng trên đá trầm tích carbonat, đá vôi (Fe): Chiếm diện tích nhỏ dưới dạng các khối sót ở phía tây vùng nghiên cứu, độ chênh cao địa hình tương đối lớn (5-145,9m), độ dốc lớn (30-40⁰). Thành phần chủ yếu là sét bột lẫn nhiều dăm sạn màu nâu vàng, xám nâu chứa nhiều mùn thực vật. Môi trường trung tính điển hình (pH H₂O =7,37, pH KCl=6,63, Eh=172mV), các cation kém linh động, hàm lượng chất dinh dưỡng thấp. Mức độ tập trung nguyên tố vi lượng trung bình, hầu hết dao động trong giới hạn cho phép. Riêng Cu có dj biến dương ($T_{Cu}=2,26$), và nồng độ thấp của As, Hg.

4.3.9. Đất xói mòn trơ sỏi đá (E): Chiếm diện tích nhỏ ở phía đông nam vùng nghiên cứu. Tại đây quá trình rửa trôi, bóc mòn diễn ra mạnh mẽ tạo tầng thổ nhưỡng rất mỏng hoặc không có. Độ chênh cao địa hình từ 5 đến 73,6m, độ dốc 10-20⁰. Thành phần chủ yếu là dăm sạn sỏi lẫn ít bột sét. Điển hình của loại đất này là hàm lượng mùn, chất dinh dưỡng nghèo, đất thuộc loại trung tính, khử yếu. Mức độ tập trung nguyên tố vi lượng nằm trong hoặc dưới mức giới hạn cho phép. Cao nhất là Pb ($T_{Pb}=1,4$) và thấp nhất là Hg ($T_{Hg}=0,12$).

4.3.10. Đất mặn ít (Mi): Chiếm diện tích trung bình, phân bố chủ yếu ở phần trung cửa sông ven biển (Xuân Phương, Hoàng Ngọc, Quảng Cầu...), địa hình thấp (0,4-2,7m), độ dốc nhỏ (1-2⁰). Thành phần chủ yếu là bột, cát, sét màu xám sẫm, xám đen chứa nhiều tàn tích thực vật, vật chất hữu cơ. Đặc trưng địa hóa đất có sự tăng cao hàm lượng TMT, các chỉ số muối hóa $M=1,62$, $M_1=1,2$; $M_4=3,83$, điều đó chứng tỏ đất bị muối hóa nhẹ thuộc kiểu solosat, dạng mặn clorua, có nguồn gốc biển, đầm lầy. Bản chất quá trình muối hóa do mao dẫn và rửa lũa hòa tan xác thực vật (sú vẹt, đước...) ở các vùng ngập mặn trước kia, nay do địa hình nâng hoặc đắp đê đập mà bị san lấp, chôn vùi. Trong quá trình phân giải làm tăng hàm lượng Na, Cl trong đất gây muối hóa. Môi trường đất thuộc nhóm trung tính, khử yếu, hàm lượng mùn cao, giàu chất dinh dưỡng, độ linh động của các cation cao. Mức độ tập trung nguyên tố vi lượng thấp, có sự tập trung cao của Cu ($T_{Cu}=10,67$), thấp nhất là Hg ($T_{Hg}=0,21$).

4.3.11. Đất muối hóa trung bình (Mb): Chiếm diện tích nhỏ, phân bố chủ yếu ở vùng trung cửa sông ven biển. Phần lớn địa hình thấp (-0,2-1,8m), độ dốc nhỏ (<2⁰) nên đôi khi chịu ảnh hưởng của nước biển tràn vào. Thành phần gồm bột sét lẫn ít cát màu xám đen, nâu gụ chứa nhiều tàn tích thực vật. Môi trường trung tính (pH H₂O =6,55; pH KCl=5,78), thế oxy hóa khử biến đổi lớn giữa vùng trung ngập mặn (Eh=-100mV) tới vùng mặn chảy tràn (301mV), hàm lượng các chất dinh dưỡng trung bình, độ linh

động các ion lớn. Nét nổi bật là có sự tăng cao các tham số muối hóa: M đạt tới 2,51, $M_1=1,4$, $M_4=1,14$, $C_1=1,19$, $C_2=4,41$ và các chỉ số khác nhỏ hơn 1. Trên cơ sở tham số đó cho phép nhận định đất thuộc nhóm muối hóa trung bình, kiểu solosat, dạng mặn clorua có nguồn gốc biển. Cơ chế hình thành muối hóa do chảy tràn. Mức độ tập trung nguyên tố vi lượng thấp, cao nhất là Cu ($T_{Cu}=2,08$), thấp nhất là Hg ($T_{Hg}=0,36$).

4.3.12. Đất chua mặn (SM): Phân bố chủ yếu ở khu vực Xóm Thắng, cửa sông Thống Nhất, diện tích nhỏ, độ cao địa hình thấp ($[-2]-2m$), độ dốc nhỏ $< 2^\circ$. Thành phần chủ yếu là bột sét lẫn cát hạt nhỏ màu đen chứa nhiều tàn tích thực vật.

Môi trường đặc trưng vừa mặn vừa chua ($pH_{H_2O}=4,76$; $pH_{KCl}=4,29$; $M=4,47$; $M_1=1,07$; $C_2=3,06$, các chỉ số khác dưới 1), độ linh động các ion tăng cao. Cơ chế hình thành đất mặn chua chủ yếu do quá trình phân hủy vật chất hữu cơ có chứa nhiều Cl^- , SO_4^{2-} , S... Trong điều kiện ngập nước, yếm khí, Fe^{2+} tác dụng với S tạo thành pyrit FeS_2 và khi có sự biến đổi về chế độ nước, môi trường biến đổi sang oxy hóa dưới tác dụng của vi khuẩn *Tiobacillus* trong đất xảy ra phản ứng ngược lại, đó chính là quá trình làm cho đất tích phèn và bị chua.

Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu, phân tích tổng hợp cho phép rút ra một số kết luận sau:

1- Trong diện tích vùng nghiên cứu phát triển 12 kiểu đất khác nhau, trong đó đất phù sa clay chiếm diện tích chủ yếu.

2- Đặc trưng môi trường trung tính, khử yếu, một vài vùng chua nhẹ, độ linh động các ion thấp đến trung bình.

3- Hàm lượng các chất dinh dưỡng nghèo, độ phì thấp.

4- Quá trình muối hóa, phèn hóa chỉ diễn ra ở phần trũng cửa sông, ven biển với mức độ tập trung muối không cao, nguồn gốc biển, biển-đầm lầy.

5- Mức độ tập trung các nguyên tố vi lượng không cao, đa phần nằm trong hoặc dưới giới hạn cho phép. Riêng Cu luôn ở mức dị biến dương ở hầu khắp vùng nghiên cứu.

Tóm lại, trong phạm vi vùng nghiên cứu, trên cơ sở tài liệu địa hóa có thể nhận định rằng, phần lớn diện tích thuận lợi cho phát triển dân sinh và trồng cây lương thực, cây hoa màu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Phạm Văn An, Quách Đức Tín 1995. Báo cáo chuyên đề địa hóa đất và vỏ phong hóa thành phố Hạ Long. Lưu trữ Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam.

[2]. Hồ Vương Bình và nnk, 1994. Báo cáo điều tra địa chất đô thị Đà Nẵng-Hội An. Lưu trữ Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam.

[3]. Hoàng Văn Khôn, Quách Đức Tín, 1997. Địa hóa đất khu vực thành phố Thanh Hóa. Liên đoàn ĐCTV-ĐCCT miền Bắc.

[4]. Hurbert W. Lakin, 1990. Giới hạn nồng độ nguyên tố vi lượng trong đất (Tiếng Anh). Thư viện UNESCO Việt Nam.

[5]. Trần An Phong và nnk, 1990. Những lý luận cơ bản về hệ thống phân loại đất của FAO-UNESCO. Viện Quy hoạch và thiết kế nông nghiệp.

SUMMARY

Some geochemical characteristics of soil in Thanh Hoa city

Quach Duc Tin

Research Institute of Geology and Mineral Resources

Study on soil geochemistry is one of the project's tasks "Investigation on urban geology in Thanh Hoa area" to set up based data for urban planning and stable development in the future.

Based on genetic origin, the soil in the Thanh Hoa urban planned area could be divided into 12 different types. Results on material component, microelements, geochemical environmental index of soil has shown their own characteristics. Environmental features are relatively stable at average level, all abnormal environment are concentrated in Mi, Mb, SM soil types.

During the form and change of soil in the area, salt has concentrated at high level ($\bar{M} = 1,41$) and rapidly increasing of M1, M2, M3 in direction from continental to river mouse and sea is specialized in soil type processing. The highest salt concentrated in Mi, Mb, SM in some small area around Xom Thang, Thong Nhat river mouse, Xuan Phuong, Hoang Ngoc, Quang Cau,....

Based on limited of toxic elements [6, 9, 19] and analyzed results gaining from studied process has defined the concentration of microelement in soil mostly in average or lower limited. The highlight of Geochemical field of plus anomalously is Cu with $T_{Cu, max} = 10.67$, $T_{Cu, th} = 2,16$. Geochemical field of minus anomalously is As with $T_{As, min} = 0.12$.