

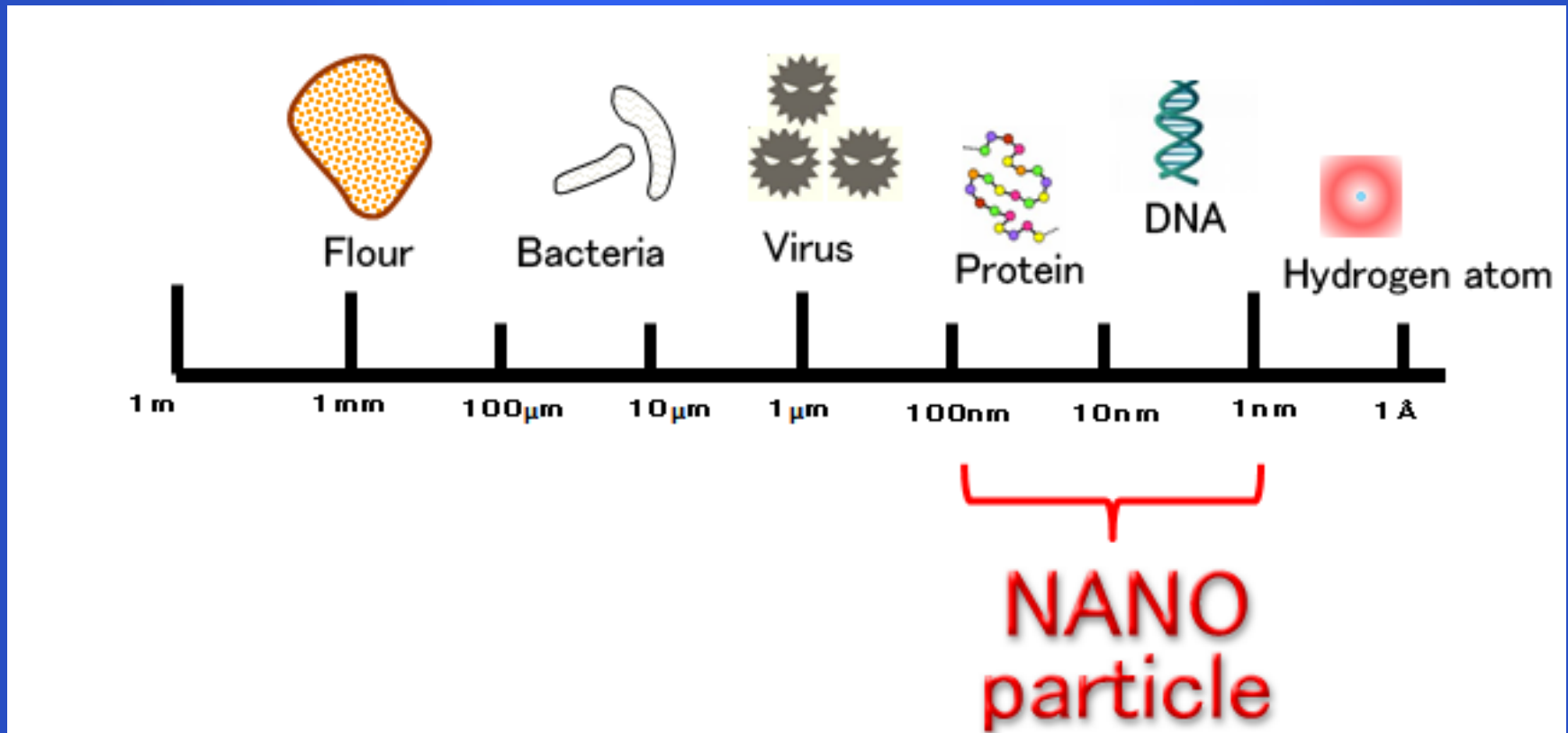
ΝΑΝΟΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ (ΠΙΣΣΟΥΡΑΝΙΤΗΣ) ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ



<https://steemit.com/nature/@logic42/the-mineral-uraninite-a-uranium-ore-and-more-on-the-radioactive-metal-uranium>

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

❖ Ας θυμηθούμε αυτό




https://www.itec-es.co.jp/English/rd/data_01.html

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

❖ Και αυτό

H																					He
Li	Be											B	C	N	O	F					Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl					Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br					Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I					Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At					Rn
Fr	Ra	Ac																			

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	P	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

ESSENTIAL 


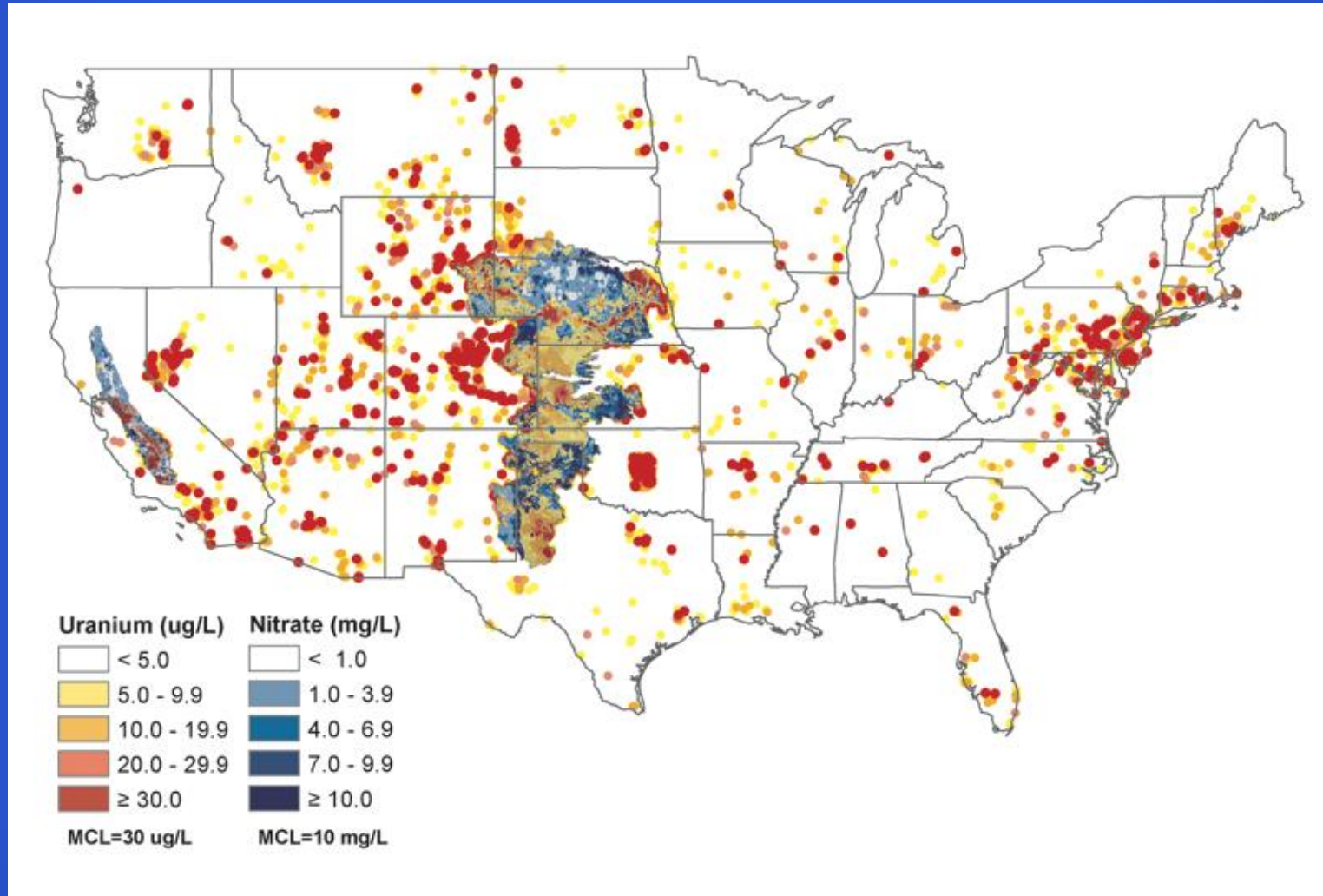
TOXIC 

Fig. 15 The periodic table showing essential and toxic elements

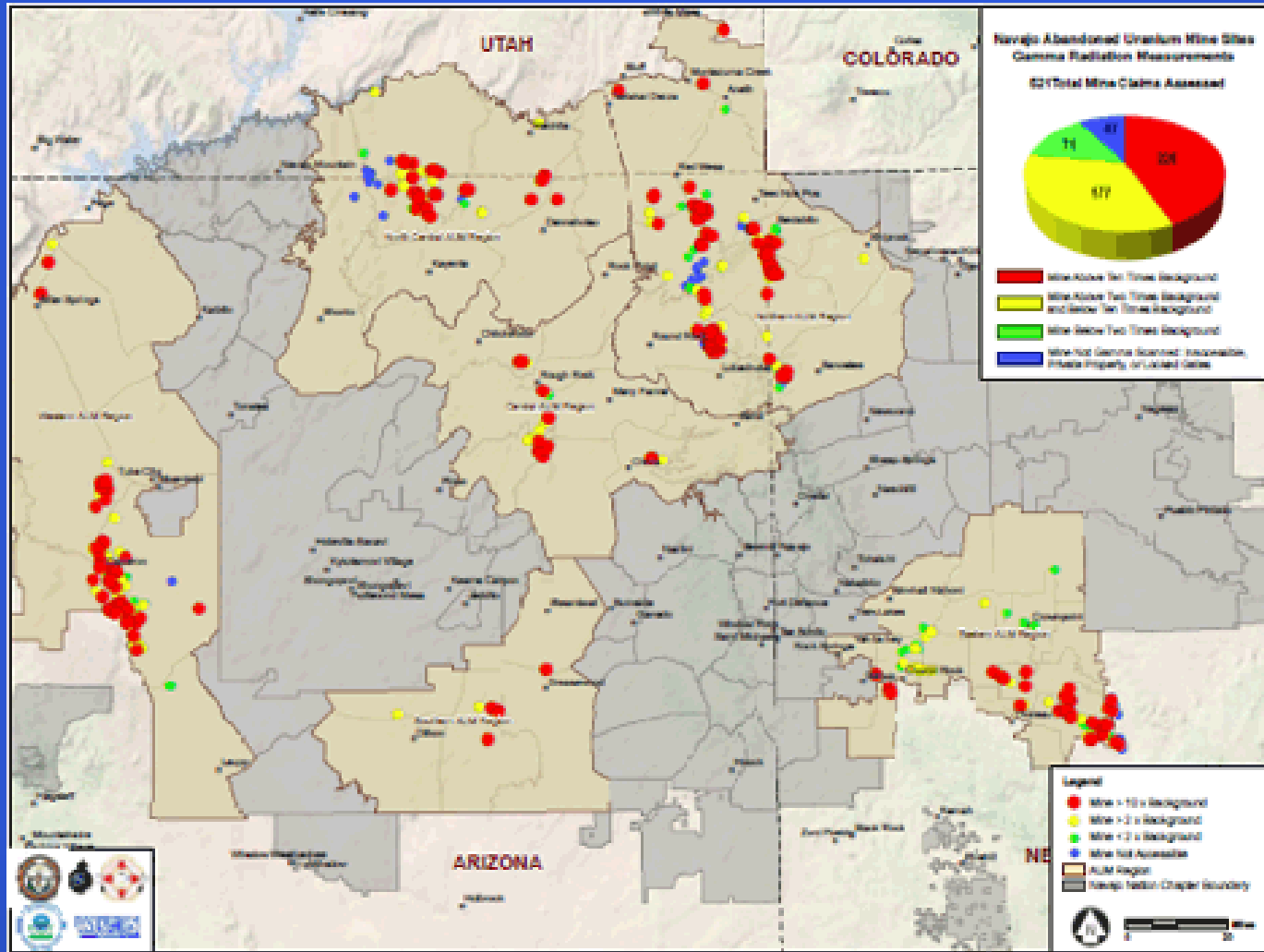
ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Το πρόβλημα (παρουσία Ουρανίου σε σημαντικά ποσοστά σε διάφορες περιοχές)



ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

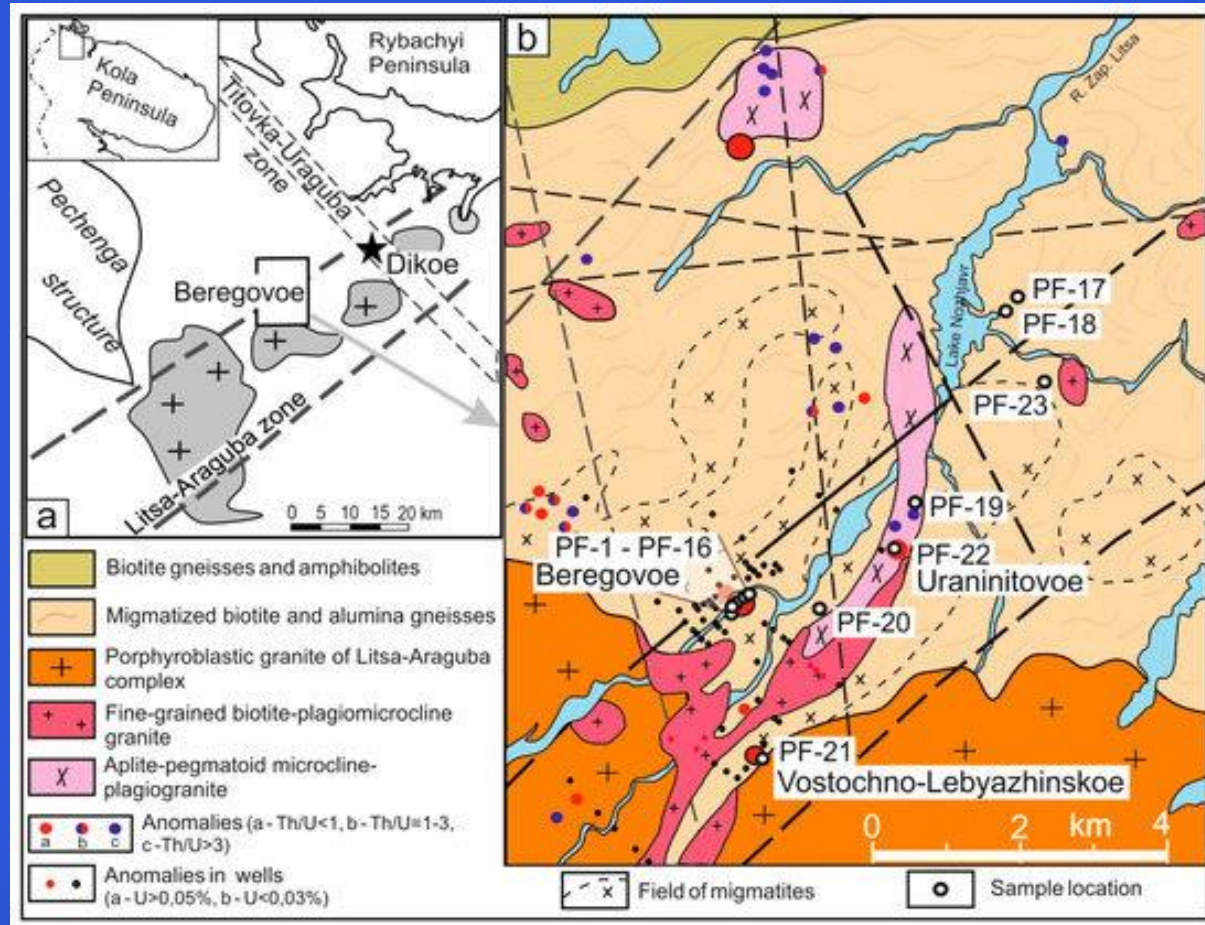
Το πρόβλημα (παρουσία Ουρανίου σε σημαντικά ποσοστά σε διάφορες περιοχές)



<https://archive.epa.gov/region9/superfund/web/html/index-14.html>

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Το πρόβλημα (παρουσία Ουρανίου σε σημαντικά ποσοστά σε διάφορες περιοχές)



Il'chenko, V.L.; Gannibal, M.A. Elastic Anisotropy and Internal Structure of Rocks from the Uranium Ore Occurrences of the Litsa Ore Area (Kola Region, Russia). *Geosciences* **2019**, *9*, 284. <https://doi.org/10.3390/geosciences9070284>

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- ❖ Ο Ουρανινίτης έχει χημικό τύπο UO_2 παρόλα αυτά στη δομή του λαμβάνουν χώρα εκτεταμένες αντικαταστάσεις κυρίως από Th, Ca, REE.



<https://steemit.com/nature/@logic42/the-mineral-uraninite-a-uranium-ore-and-more-on-the-radioactive-metal-uranium>

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- ❖ Ο Ουρανινίτης είναι ένα πολύ ενδιαφέρον βιογεωλογικό υλικό
- ❖ Η διαλυτότητα και η κινητικότητα του παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- ❖ Η παρουσία και η δράση μικροβίων φαίνεται να μετριάξει την ρύπανση από Ουράνιο σε υδροφόρους και εδάφη
- ❖ Αυτές οι διεργασίες αν και ακόμα δεν έχουν διερευνηθεί πλήρως είναι ιδιαίτερα σημαντικές για προφανείς λόγους
- ❖ Δηλαδή;

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- ❖ Η παρουσία και η δράση μικροβίων φαίνεται να μετριάξει την ρύπανση από Ουράνιο σε υδροφόρους και εδάφη
- ❖ Αυτές οι διεργασίες αν και ακόμα δεν έχουν διερευνηθεί πλήρως είναι ιδιαίτερα σημαντικές για προφανείς λόγους
- ❖ Τι τόσο σημαντικό συμβαίνει;

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- ❖ Ο Ουρανινίτης έχει χημικό τύπο UO_2 παρόλα αυτά στη δομή του λαμβάνουν χώρα εκτεταμένες αντικαταστάσεις κυρίως από Th, Ca, REE.

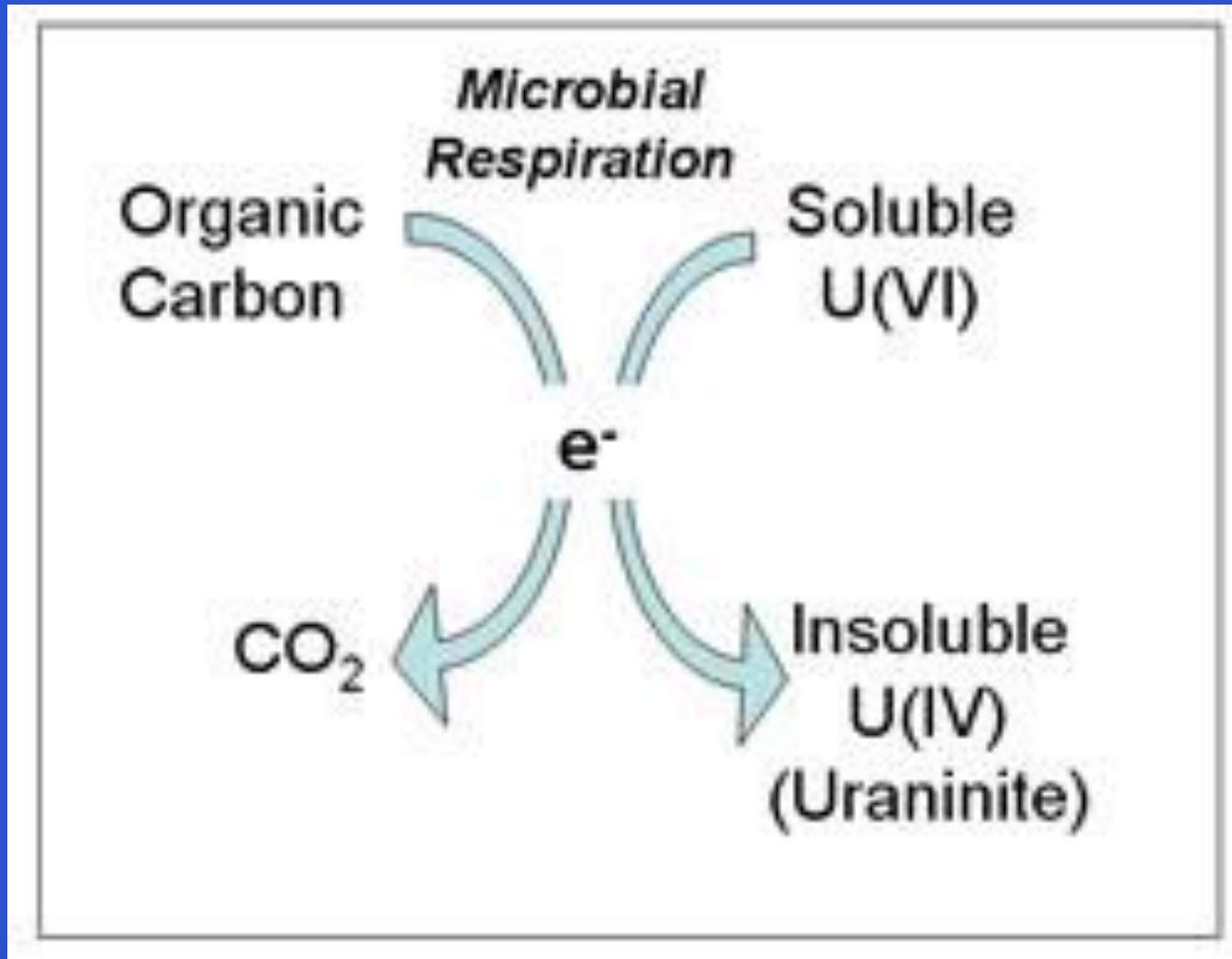
ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- ❖ Έχει αποδειχθεί ότι η δράση των μικροοργανισμών και κυρίως των βακτηρίων είναι αυτή που οδηγεί στη μετατροπή του U(VI) σε U(IV).
- ❖ Ο ακριβής μηχανισμός που αυτή η μετατροπή πραγματοποιείται δεν είναι ακόμα γνωστός

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ



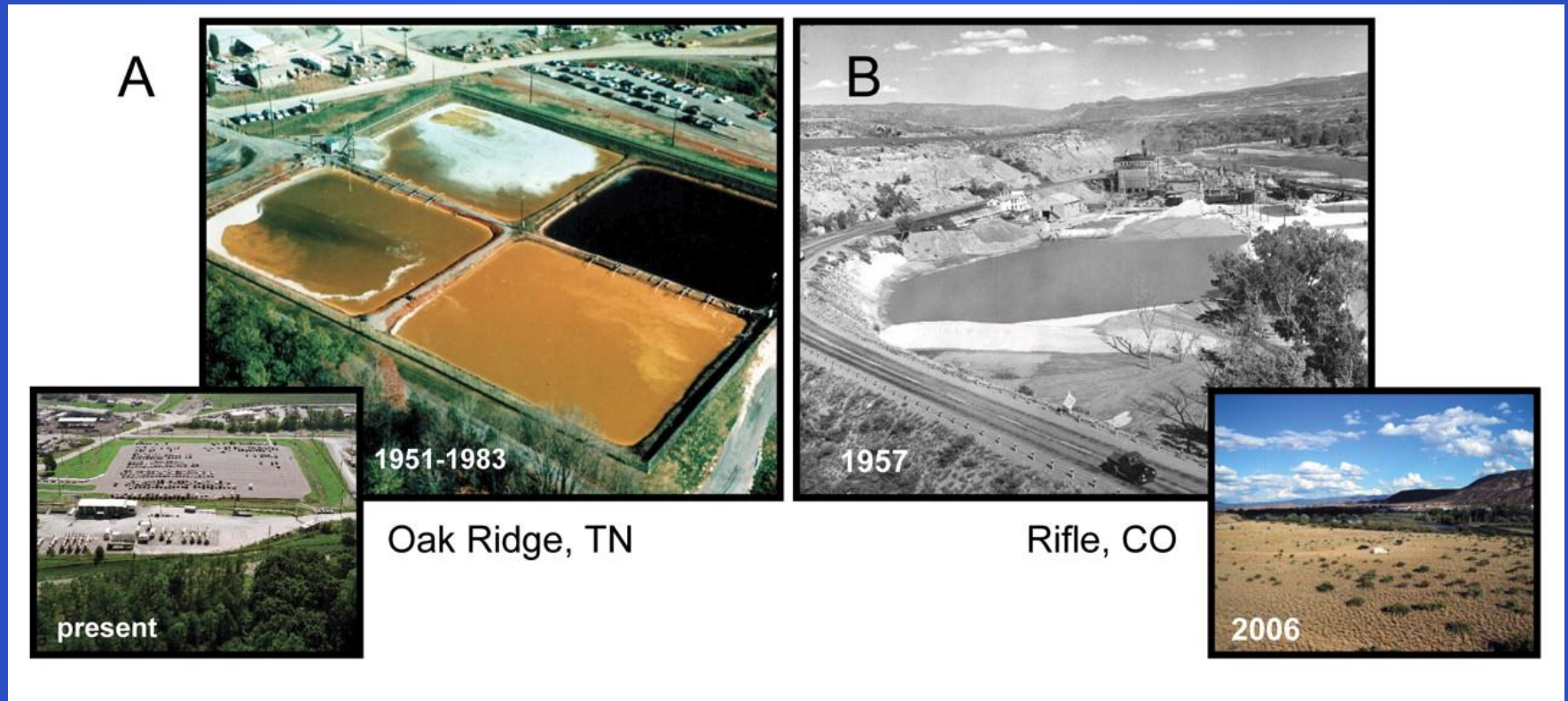
ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- ❖ Αφού πραγματοποιηθεί η μετατροπή του U(VI) σε U(IV), ο σχηματισμός του ουρανίτη είναι το επόμενο στάδιο
- ❖ Αυτό συμβαίνει δίπλα από την παραπάνω μετατροπή στον περιπλαστικό χώρο εξωκυτταρικά.
- ❖ Η σύνδεση του βιογενούς ουρανίτη με την πρωτεΐνη EPS φέρεται να εμποδίζει την μεταφορά του παρά το μικρό του μέγεθος

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- ❖ Η δημιουργία βιογενούς Ουρανίτη συμβαίνει και αυτή τη στιγμή σε γνωστά μέρη

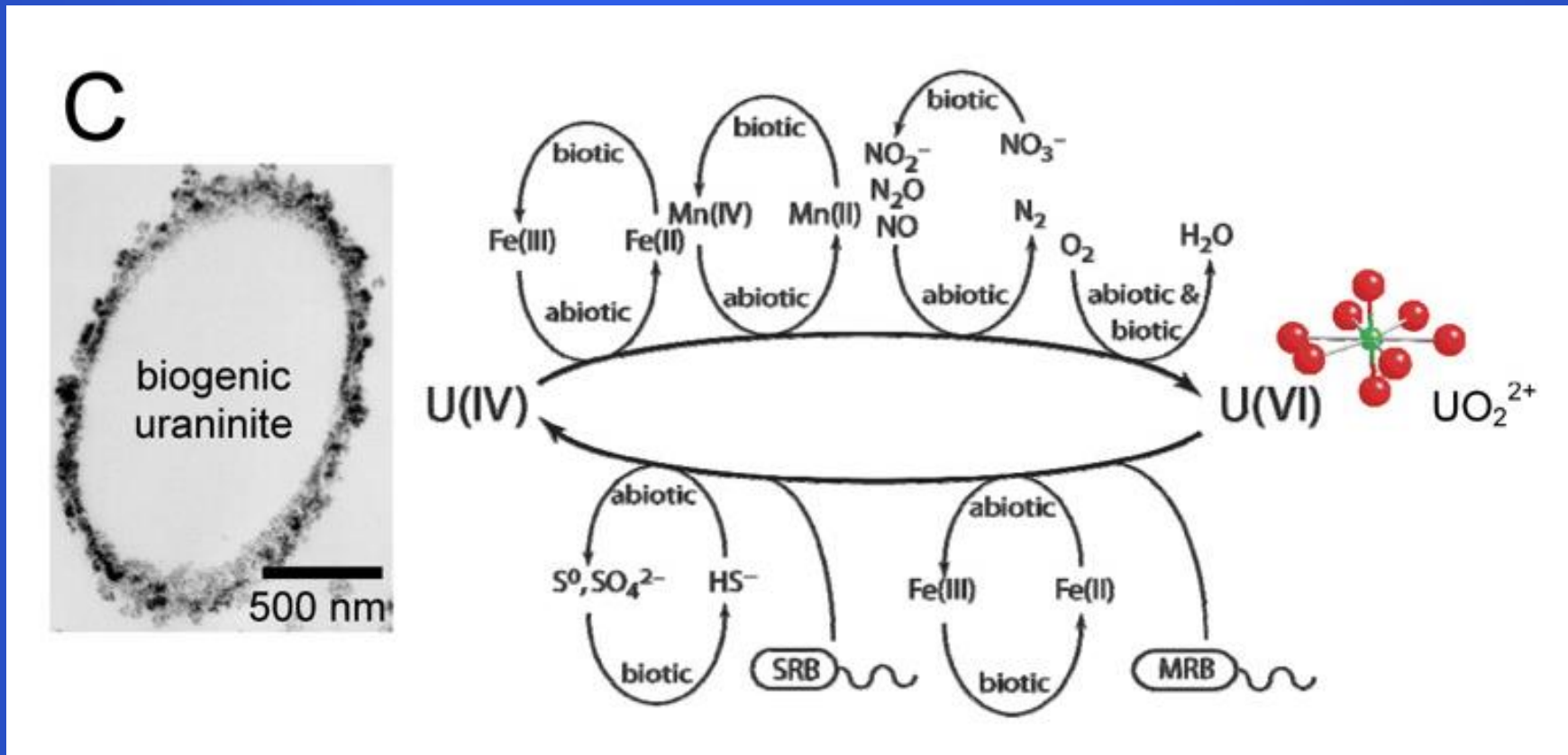


Bargar, J. R. et al. "Biogenic Uraninite Nanoparticles and Their Importance for Uranium Remediation." *Elements* 4 (2008): 407-412.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- ❖ Ασφαλώς δεν είναι τόσο απλή διαδικασία



Bargar, J. R. et al. “Biogenic Uraninite Nanoparticles and Their Importance for Uranium Remediation.” Elements 4 (2008): 407-412.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

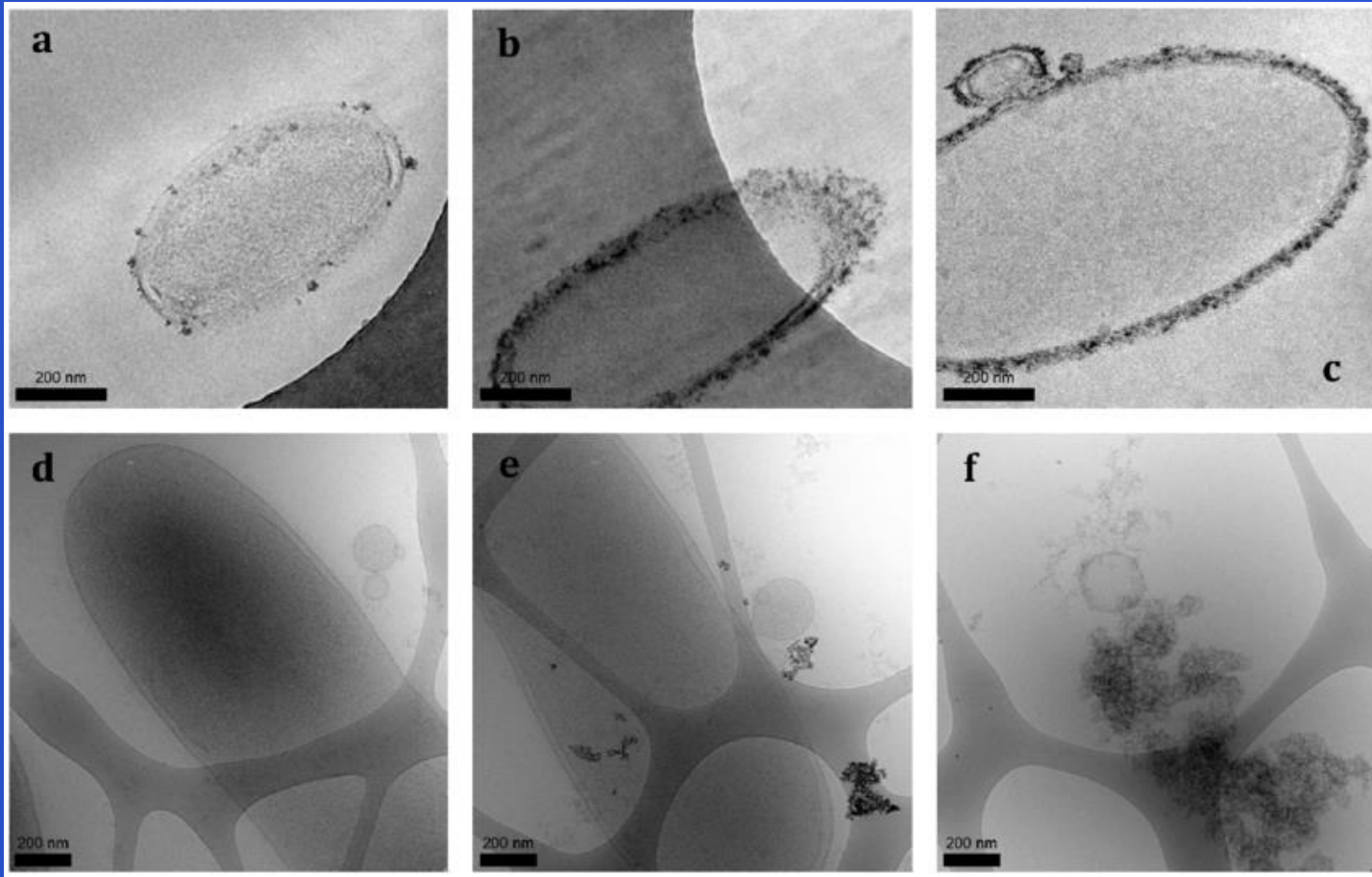
ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ – ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ

- ❖ Δεν είναι σκόπιμο να μπούμε σε λεπτομέρειες έτσι συνοπτικά:
- ❖ Το μέγεθος του είναι περίπου 2-10nm, παρόμοιο με του αβιοτικού
- ❖ Η σύσταση του είναι πιο πλούσια σε οξυγόνο από του αβιοτικού

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΝΗΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗΣ – ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ

❖ Αβιοτικός Ουρανινίτης



Bernier-Latmani, R. & Shao, P.P. & Comolli, Luis & Stylo, Malgorzata & Alessi, Daniel & Bargar, John. (2013). Extracellular polymeric substances modulate the product of uranium biomineralization. *Mineral. Mag.* 77.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

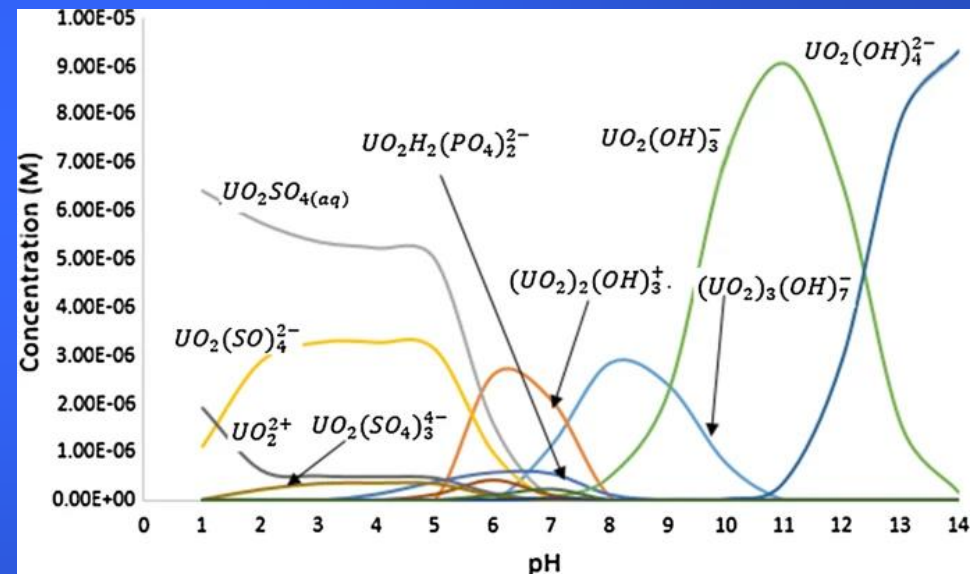
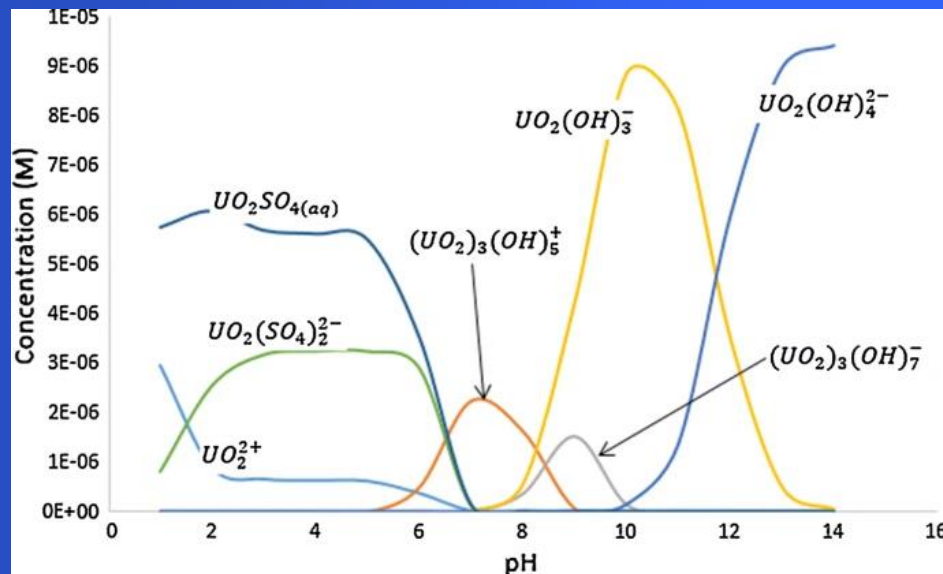
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΙΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΑΒΙΟΤΙΚΟΥ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

- ❖ Η διαλυτότητα του Ουρανινίτη και των άλλων οξειδίων του Ουρανίου εξαρτάται από το pH
- ❖ Όταν το pH πλησιάζει το ισοηλεκτρικό σημείο τα νανοσωματίδια συνενώνονται
- ❖ Σε pH πάνω από το ισοηλεκτρικό σημείο υπάρχει διασπορά

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΙΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΑΒΙΟΤΙΚΟΥ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

- ❖ Η διαλυτότητα του Ουρανινίτη και των άλλων οξειδίων του Ουρανίου εξαρτάται από το pH

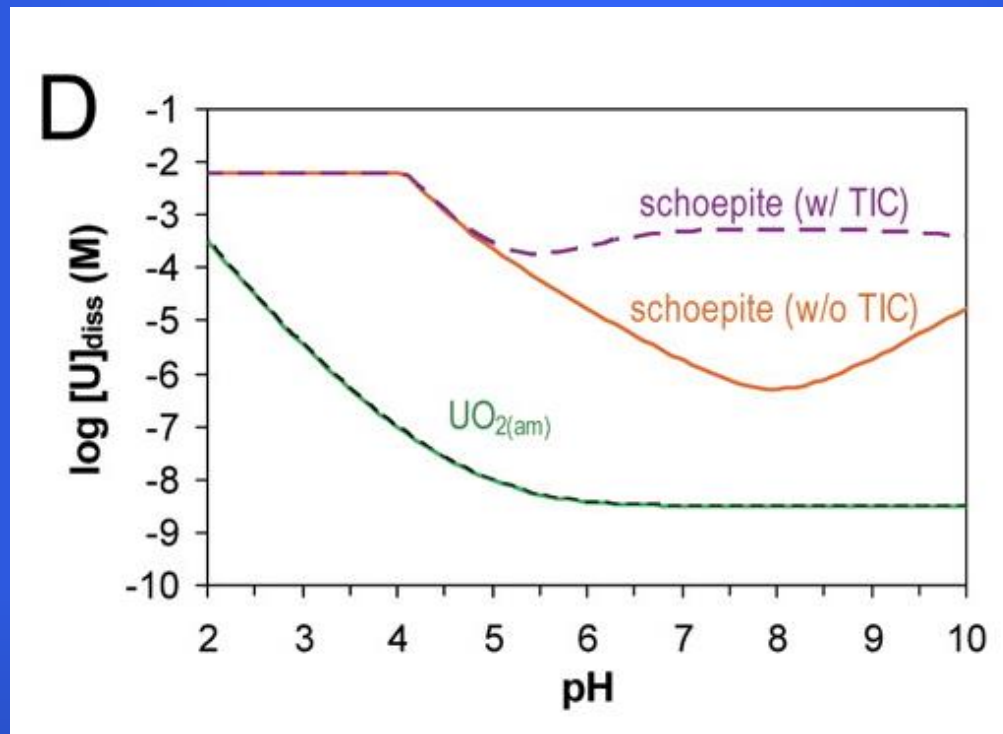


Dlamini, T.C., Tshivhase, V.M., Maleka, P. *et al.* The effect of uranium speciation on the removal of gross alpha activity from acid mine drainage using anion exchange resin. *J Radioanal Nucl Chem* **319**, 357–363 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10967-018-6354-7>

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΙΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΑΒΙΟΤΙΚΟΥ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

- ❖ Η διαλυτότητα του Ουρανινίτη και των άλλων οξειδίων του Ουρανίου εξαρτάται από το pH

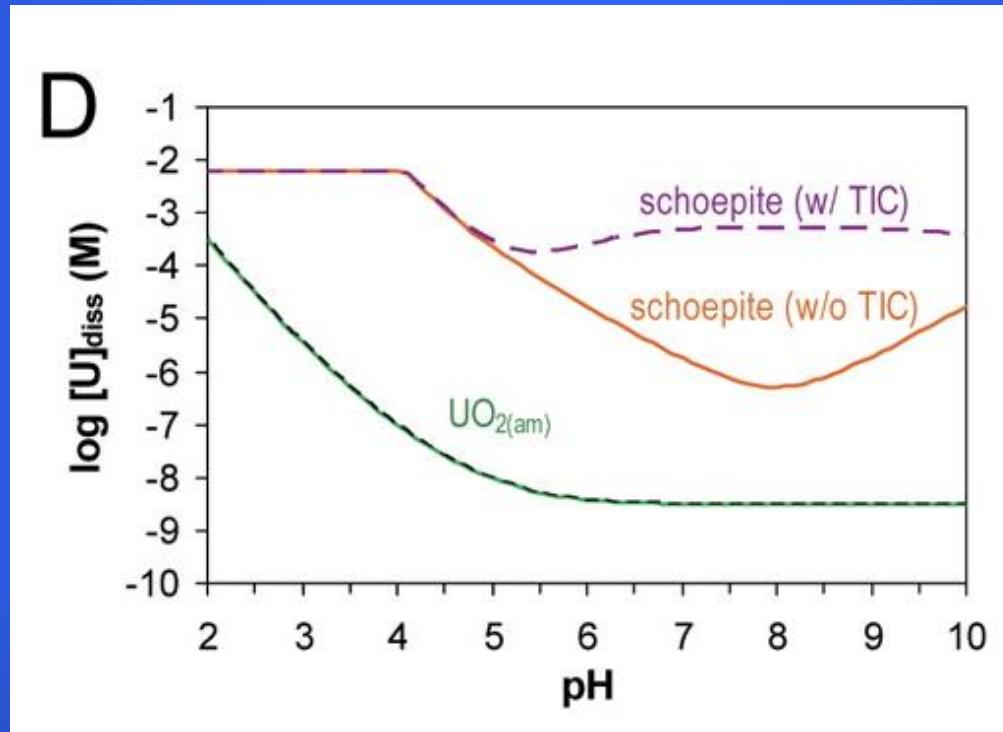


Bargar, J. R. et al. "Biogenic Uraninite Nanoparticles and Their Importance for Uranium Remediation." Elements 4 (2008): 407-412.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΙΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΑΒΙΟΤΙΚΟΥ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

- ❖ Σε $\text{pH} = 1$ η διαλυτότητα οξειδίων του Ουρανίου είναι η μεγαλύτερη

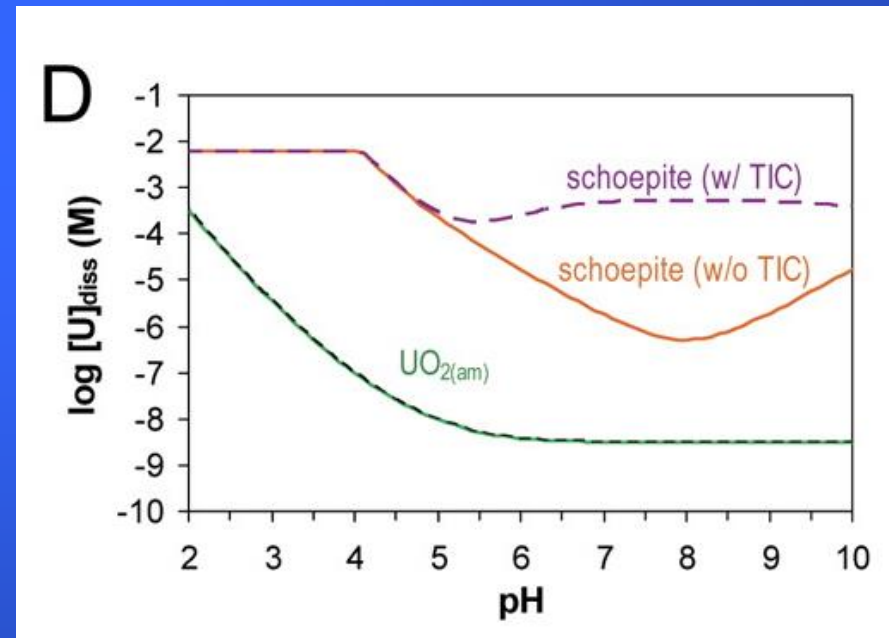


Bargar, J. R. et al. "Biogenic Uraninite Nanoparticles and Their Importance for Uranium Remediation." *Elements* 4 (2008): 407-412.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΙΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΑΒΙΟΤΙΚΟΥ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

- ❖ Παρουσία Οξυγόνου η διαλυτότητα οξειδίων του Ουρανίου είναι τάξεις μεγαλύτερη από ότι σε ανοξικές συνθήκες
- ❖ Απουσία Ca έχουμε U(VI)

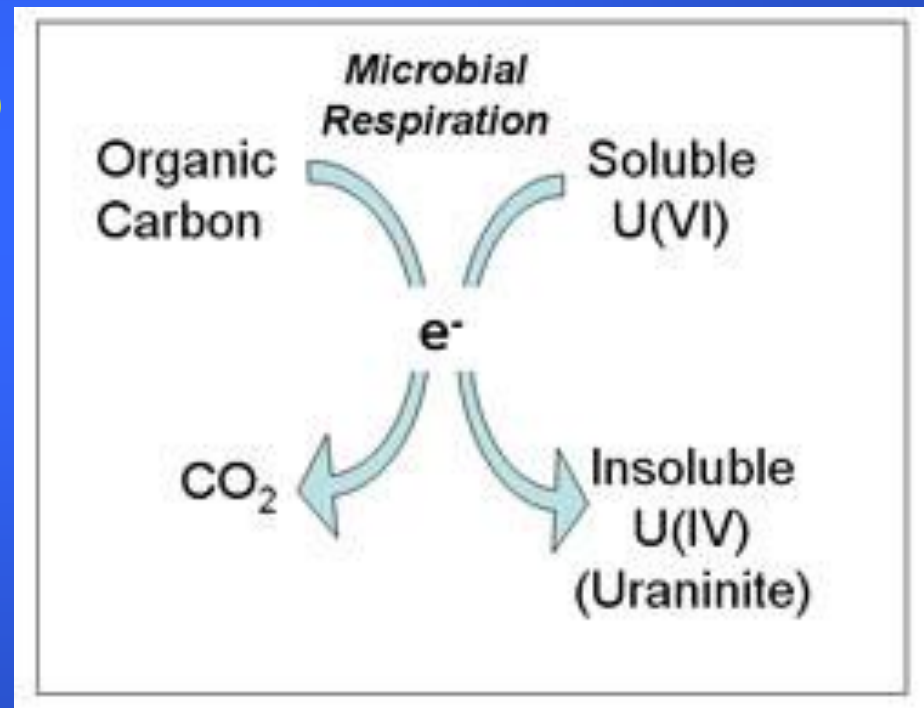


Bargar, J. R. et al. "Biogenic Uraninite Nanoparticles and Their Importance for Uranium Remediation." Elements 4 (2008): 407-412.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΙΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΑΒΙΟΤΙΚΟΥ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

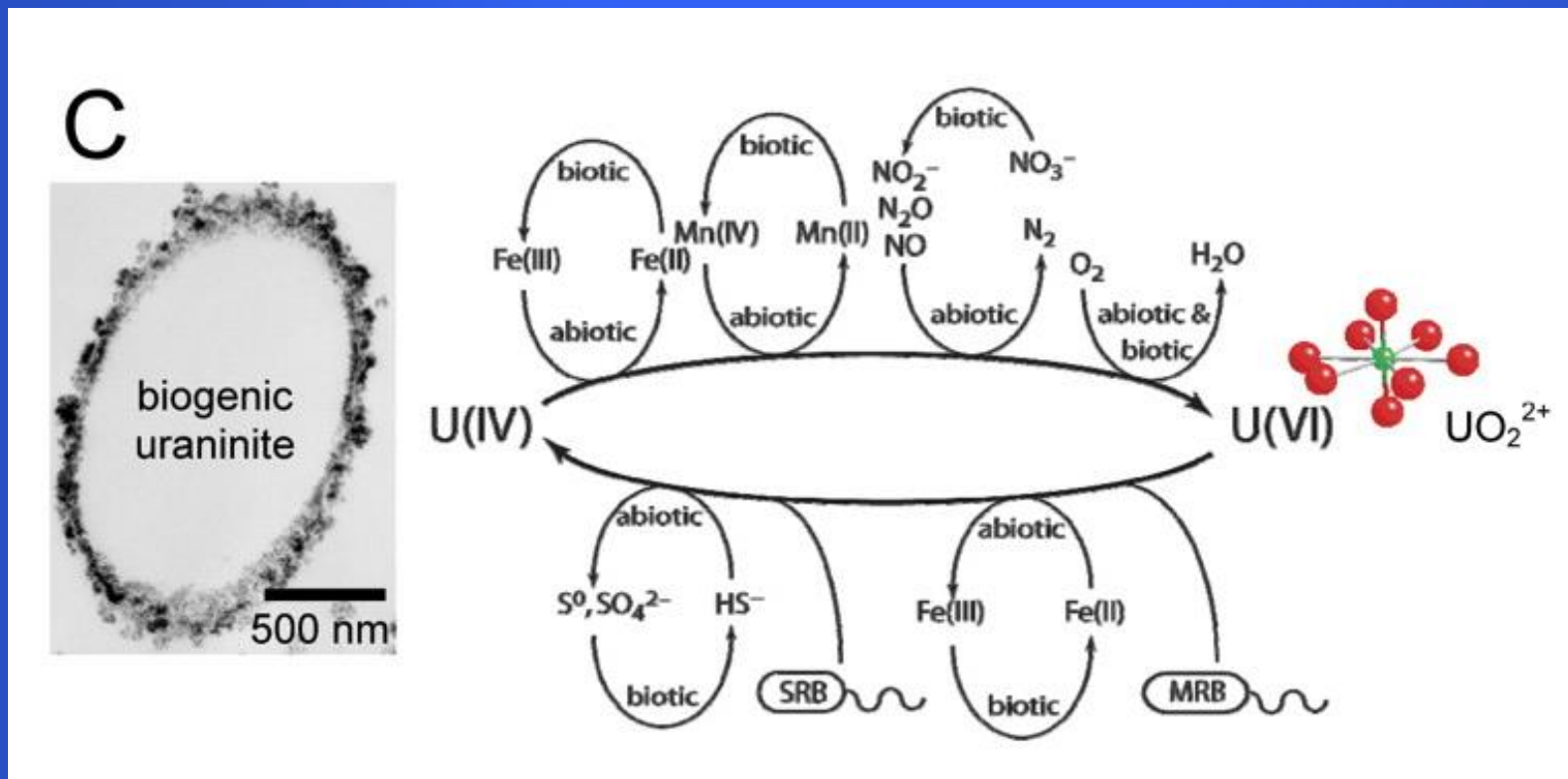
- ❖ Παρουσία Οξυγόνου η διαλυτότητα οξειδίων του Ουρανίου είναι τάξεις μεγαλύτερη από ότι σε ανοξικές συνθήκες
- ❖ Απουσία Ca έχουμε U(VI)



ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΙΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΑΒΙΟΤΙΚΟΥ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

- ❖ Η μακροχρόνια σταθερότητα του Ουρανινίτη εξαρτάται από τη διαλυτότητα και τις οξειδωτικές διεργασίες

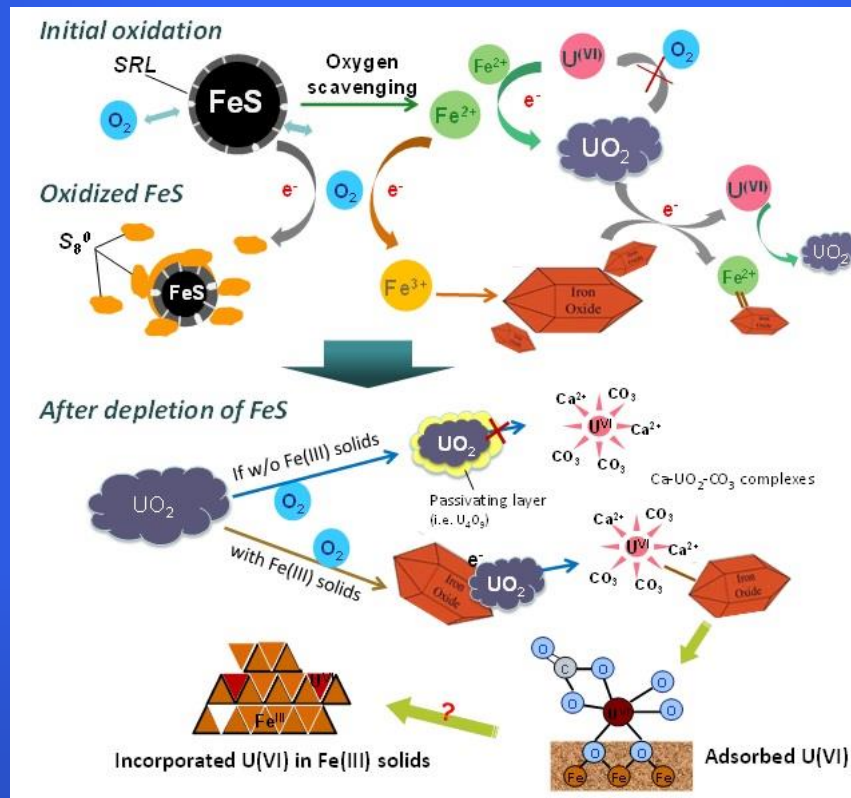


Bargar, J. R. et al. "Biogenic Uraninite Nanoparticles and Their Importance for Uranium Remediation." Elements 4 (2008): 407-412.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΙΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΑΒΙΟΤΙΚΟΥ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

- ❖ Η μακροχρόνια σταθερότητα του Ουρανινίτη εξαρτάται από τη διαλυτότητα και τις οξειδωτικές διεργασίες

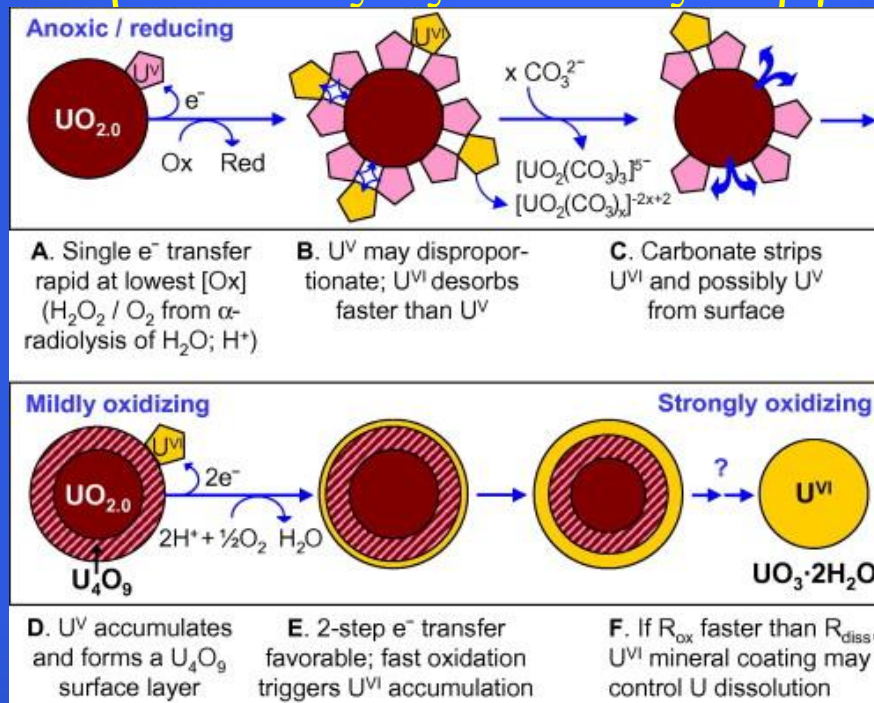


<https://www-ssrl.slac.stanford.edu/content/science/highlight/2013-08-31/nanoparticulate-fes-effective-redox-buffer-prevent-uraninite-uo2>

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΒΙΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΑΒΙΟΤΙΚΟΥ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

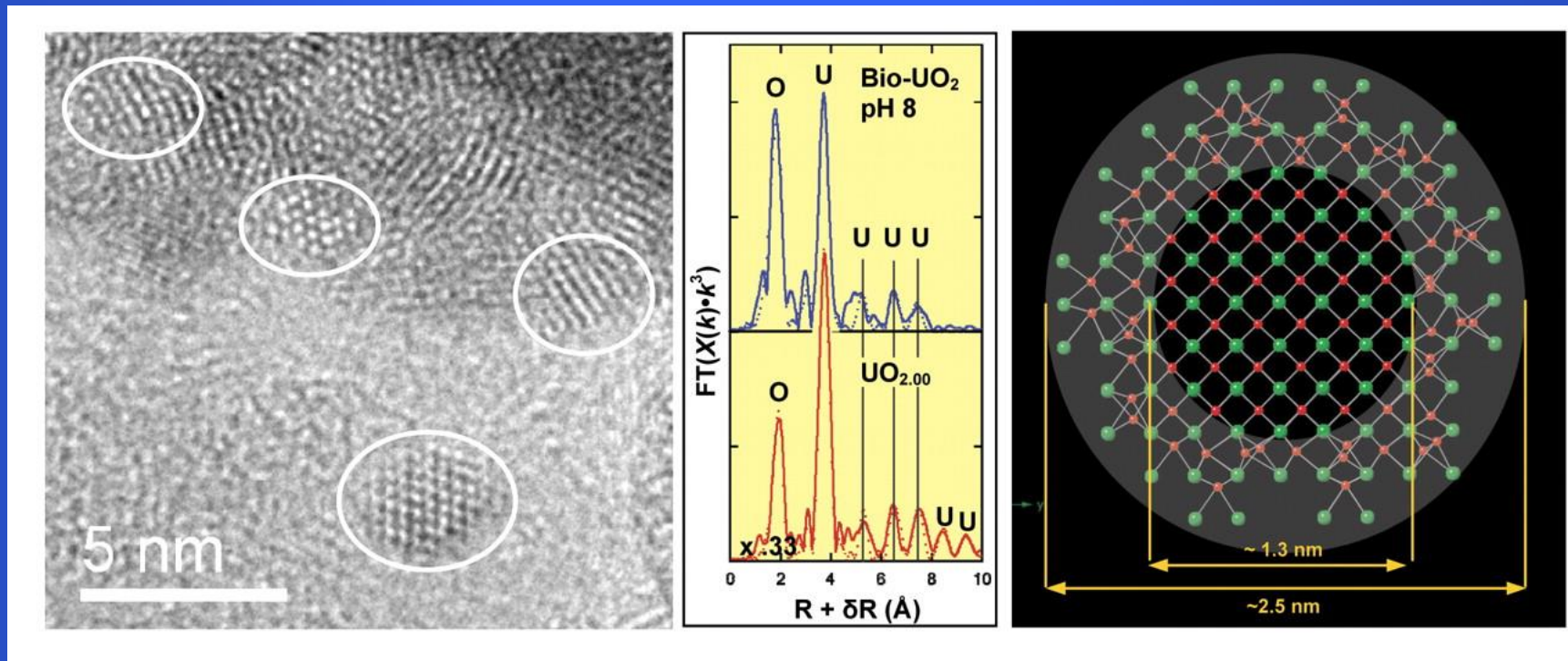
- ❖ Η μακροχρόνια σταθερότητα του Ουρανινίτη εξαρτάται από τη διαλυτότητα και τις οξειδωτικές διεργασίες



Kai-Uwe Ulrich, Eugene S. Ilton, Harish Veeramani, Jonathan O. Sharp, Rizlan Bernier-Latmani, Eleanor J. Schofield, John R. Bargar, Daniel E. Giammar, Comparative dissolution kinetics of biogenic and chemogenic uraninite under oxidizing conditions in the presence of carbonate, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2009, 6065-6083.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

- ❖ Για να προσδιοριστεί η επίδραση του μεγέθους των σωματιδίων Ουρανινίτη στις οξειδωτικές διεργασίες η μέτρηση της ειδικής επιφάνειας είναι απαραίτητη όσο και δύσκολη



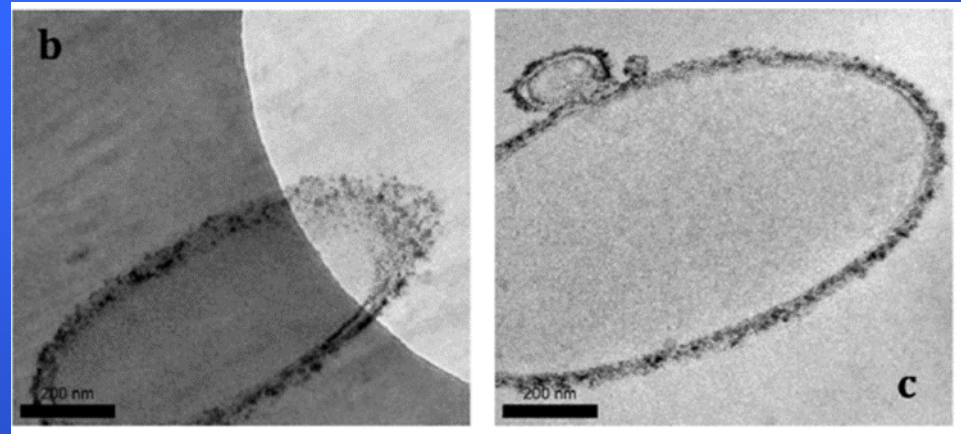
Bargar, J. R. et al. “Biogenic Uraninite Nanoparticles and Their Importance for Uranium Remediation.” Elements 4 (2008): 407-412.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

- ❖ Βιογενής Ουρανινίτης δημιουργείται από το “*Shewanella oneidensis* MR1”
- ❖ Σε αυτήν την περίπτωση έχουν μετρηθεί πειραματικά και οι συνθήκες

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

- ❖ Σε ουδέτερες συνθήκες ο βιογενής Ουρανινίτης διαλύεται πολύ αργά
- ❖ Όταν το μέγεθος του είναι 92-200nm ο Ουρανίτης είναι αβιοτικός και το σχήμα του πρισματικό
- ❖ Και οι 2 είναι το ίδιο σταθεροί



Bernier-Latmani, R. & Shao, P.P. & Comolli, Luis & Stylo, Malgorzata & Alessi, Daniel & Bargar, John. (2013). Extracellular polymeric substances modulate the product of uranium biomineralization. Mineral. Mag.. 77.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΩΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΒΙΟΓΕΝΟΥΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

- ❖ Η δραστηριότητα των μικροβίων μπορεί να αυξήσει η να μειώσει τη διάρκεια ζωής του Ουρανινίτη
- ❖ Έτσι οργανισμοί που οξειδώνουν το σίδηρο ή το μαγγάνιο έμμεσα καταλύουν και την οξειδωτική αντίδραση του Ουρανινίτη

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΩΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΒΙΟΓΕΝΟΥΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

- ❖ Ο Φερυδρίτης επίσης έχει βρεθεί ότι οξειδώνει τον βιογενή Ουρανινίτη σε αναερόβια συστήματα
- ❖ Αντίθετα άλλα βακτήρια (που παράγουν θειικά ορυκτά) εμποδίζουν – καθυστερούν και την οξειδωτική αντίδραση του Ουρανινίτη

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΩΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΒΙΟΓΕΝΟΥΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

- ❖ Έχουν βρεθεί βακτήρια τα οποία οξειδώνουν απευθείας το U(IV) σε αναερόβιες συνθήκες και ουδέτερο pH π.χ. Thiobacillus denitrificans, Geobacter metallireducens, Acidithiobacillus ferrooxidans
- ❖ Σε τι συνθήκες ;

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΓΕΩΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΒΙΟΓΕΝΟΥΣ ΟΥΡΑΝΙΝΙΤΗ

- ❖ Έχουν βρεθεί βακτήρια τα οποία οξειδώνουν απευθείας το U(IV) σε αναερόβιες συνθήκες και ουδέτερο pH π.χ. Thiobacillus denitrificans, Geobacter metallireducens, Acidithiobacillus ferrooxidans
- ❖ Σε τι συνθήκες ;
- ❖ Ασφαλώς το καθένα από αυτά σε διαφορετικές συνθήκες

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ❖ Η βιοαποκατάσταση του Ουρανίου απαιτεί αναερόβιες συνθήκες
- ❖ Το μικρό μέγεθος είναι καθοριστικός παράγοντας αυτής της διαδικασίας

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ❖ Η παρουσία άλλων κατιόντων και περίσσειας δομικού οξυγόνου αυξάνει τη σταθερότητα του Ουρανινίτη
- ❖ Τα νανοσωματίδια συσχετίζονται με τη βιομάζα και όταν συσσωματώνονται η οριζόντια μεταφορά τους καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

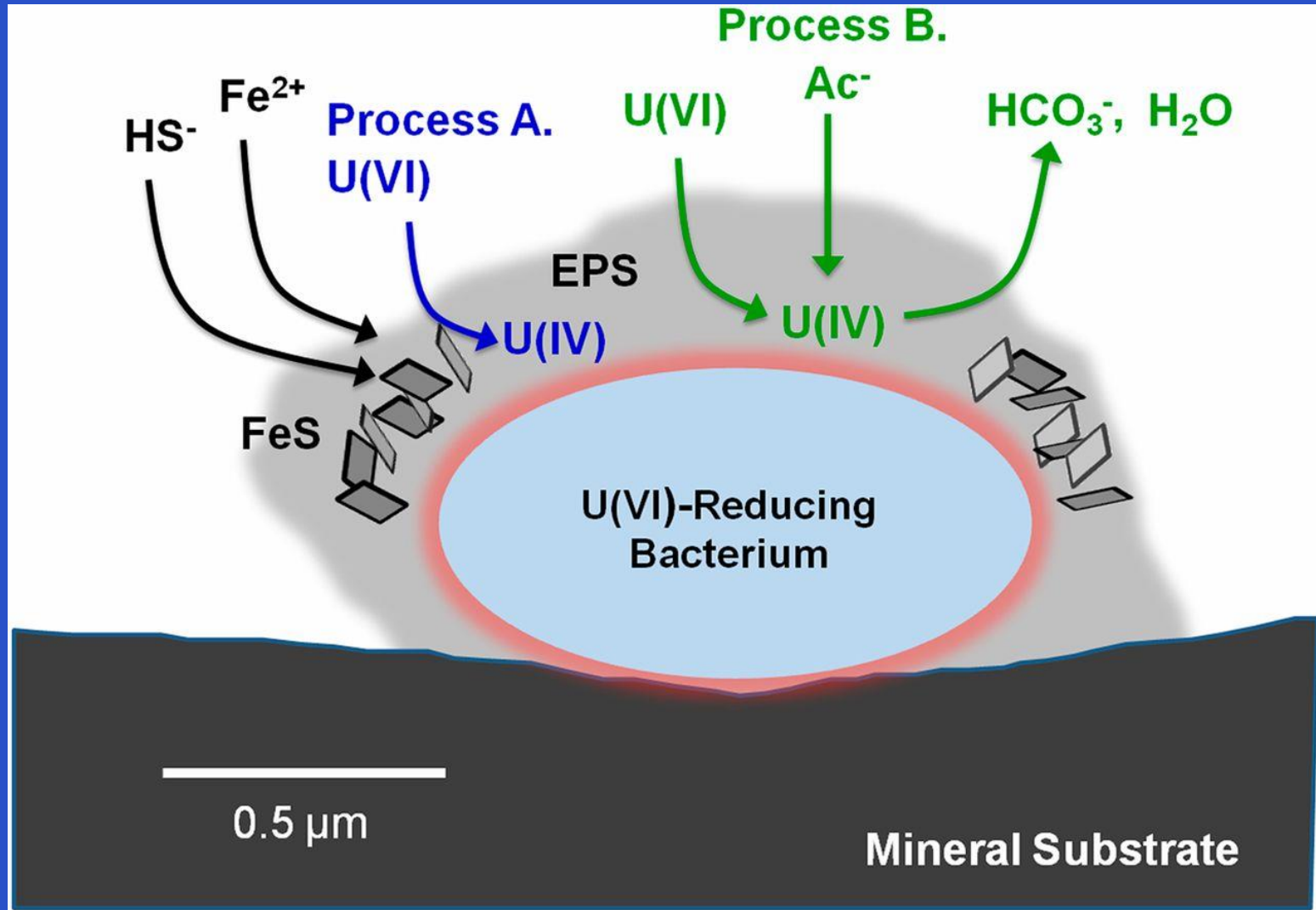
- ❖ Η παρουσία άλλων κατιόντων και περίσσειας δομικού οξυγόνου αυξάνει τη σταθερότητα του Ουρανινίτη
- ❖ Τα νανοσωματίδια συσχετίζονται με τη βιομάζα και όταν συσσωματώνονται η οριζόντια μεταφορά τους καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη
- ❖ Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η ελεύθερες επιφάνειες τους μειώνονται
- ❖ Άρα μειώνεται και η δραστικότητα τους

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

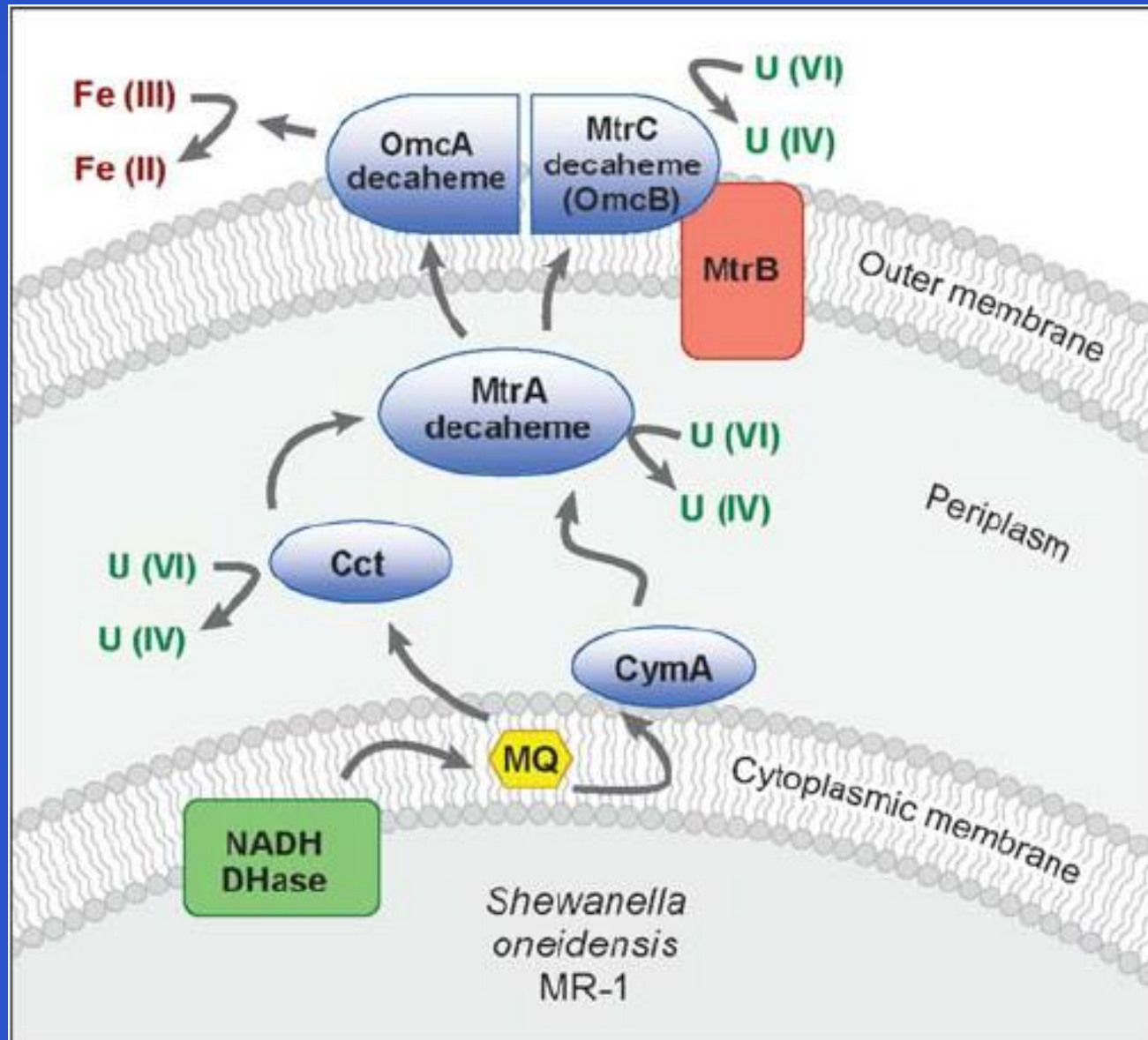
- ❖ Οι παράγοντες που αναφέρθηκαν αλλά και άλλοι που δεν εμπίπτουν στα πλαίσια αυτού του μαθήματος δείχνουν ότι το θέμα της σταθερότητας του Ουρανινίτη είναι ακόμα σε κάποιες του πτυχές υπό διερεύνηση

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ



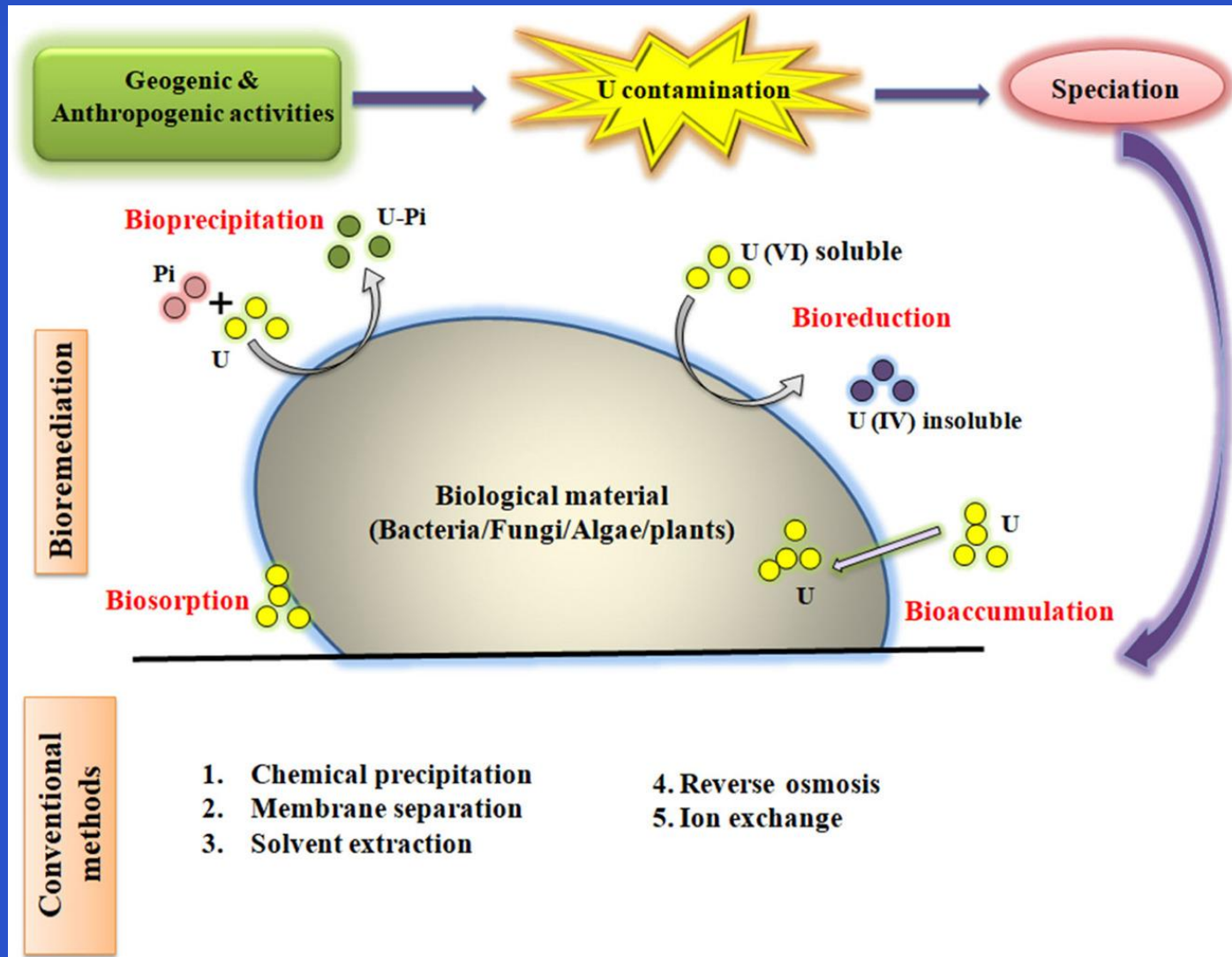
John R. Bargar, Kenneth H. Williams, Kate M. Campbell, Philip E. Long, Joanne E. Stubbs, Elena I. Suvorova, Juan S. Lezama-Pacheco, Daniel S. Alessi, Malgorzata Stylo, Samuel M. Webb, James A. Davis, Daniel E. Giammar, Lisa Y. Blue, Rizlan Bernier-Latmani. Proceedings of the National Academy of Sciences Mar 2013, 110 (12) 4506-4511; DOI: 10.1073/pnas.1219198110.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ



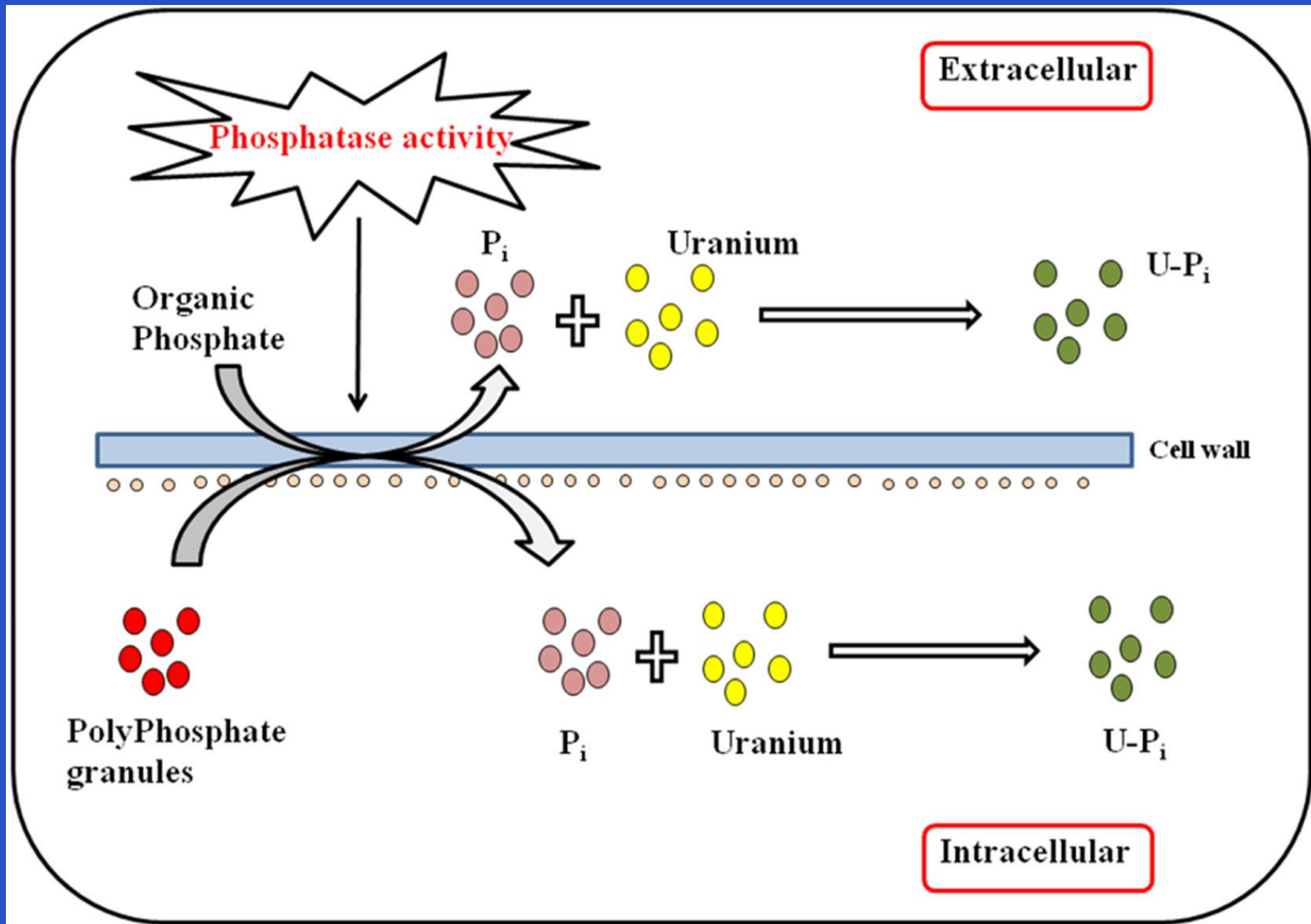
Wall, Judy & Krumholz, Lee. (2006). Uranium Reduction. Annual review of microbiology. 60. 149-66. 10.1146/annurev.micro.59.030804.121357.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ



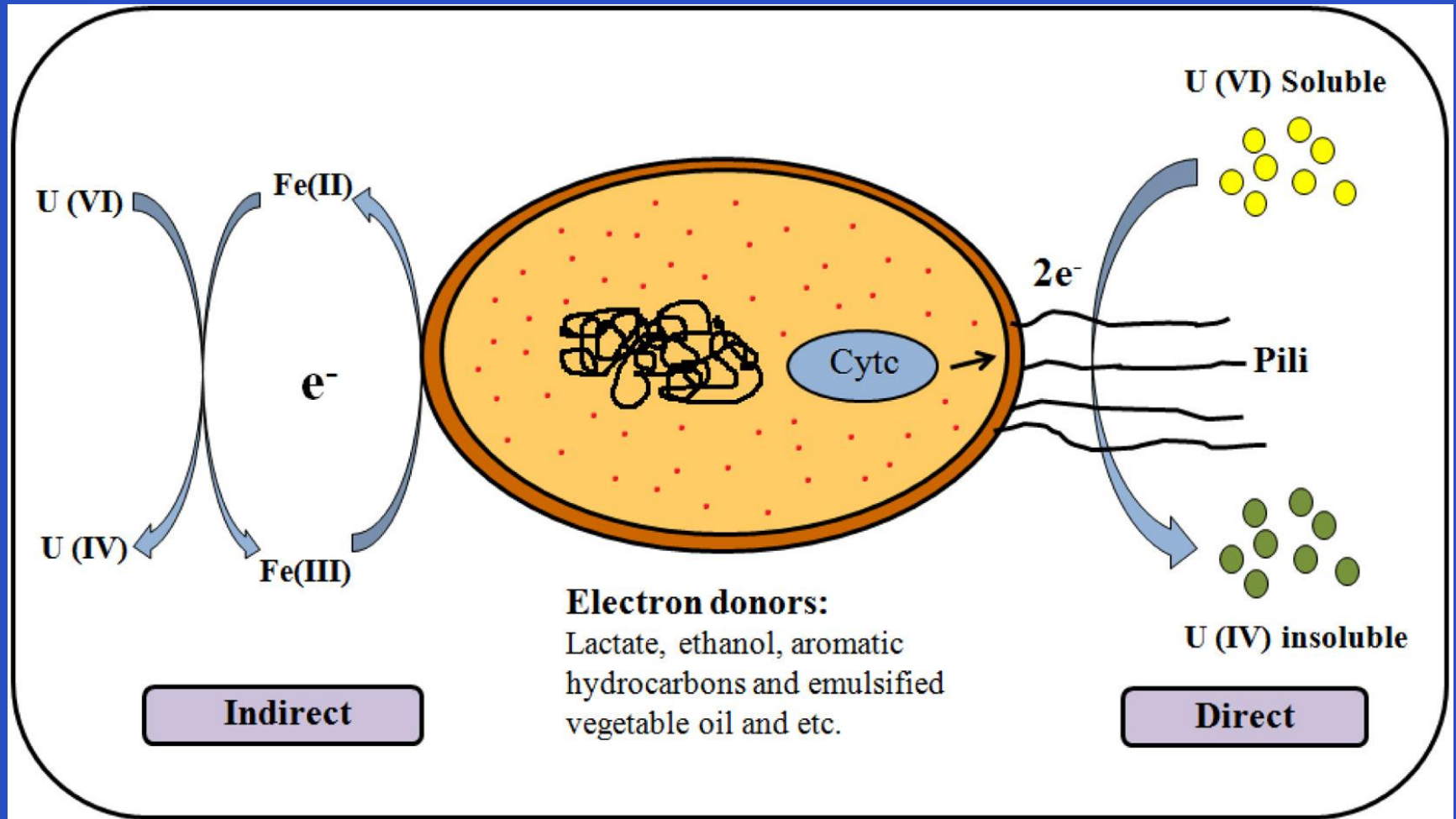
Uday Kumar Banala, Nilamadhab Prasad Indradyumna Das, Subba Rao Toleti, Microbial interactions with uranium: Towards an effective bioremediation approach, Environmental Technology & Innovation, 21, 2021, 101254, ISSN 2352-1864.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ



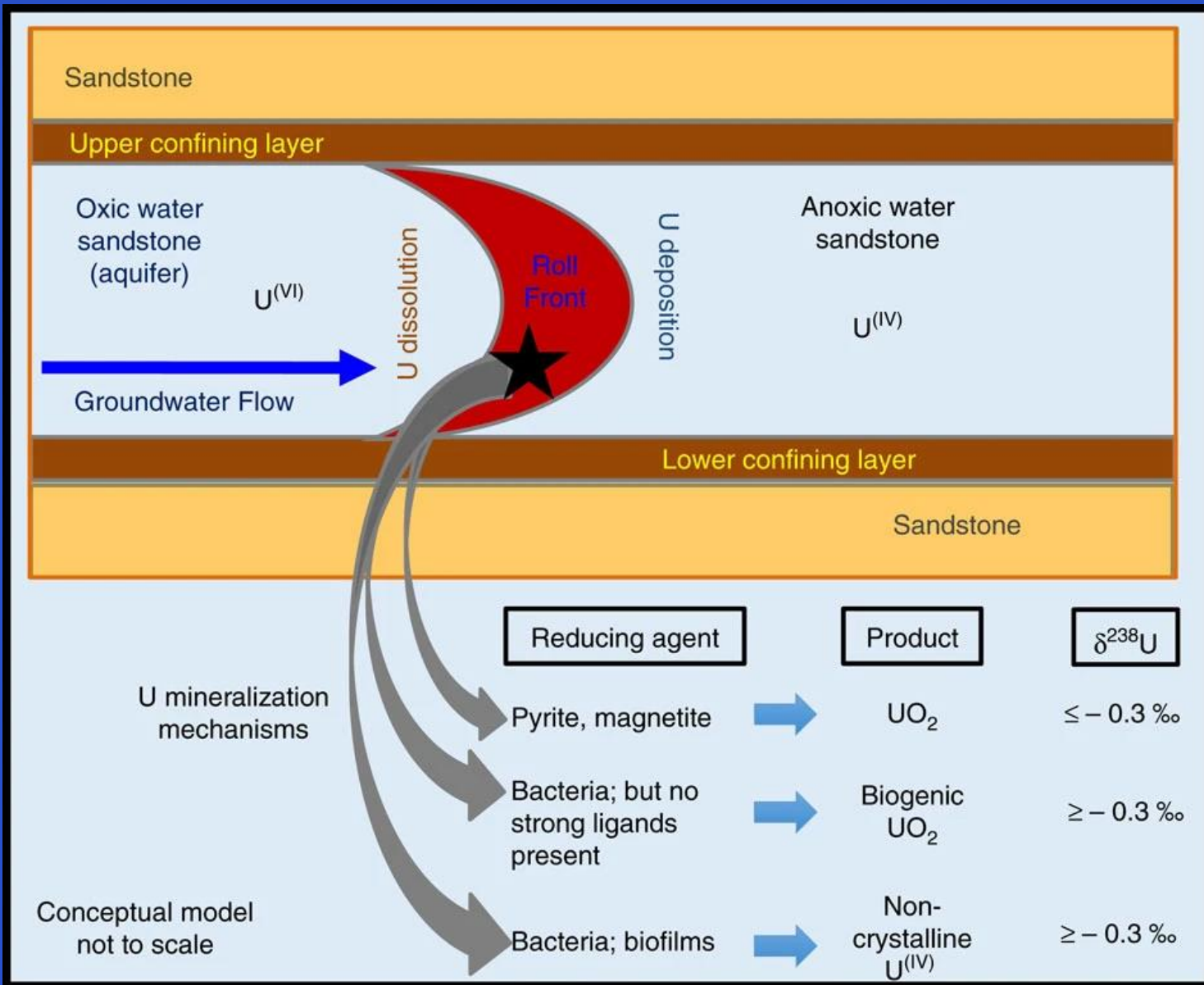
Uday Kumar Banala, Nilamadhab Prasad Indradyumna Das, Subba Rao Toleti, Microbial interactions with uranium: Towards an effective bioremediation approach, Environmental Technology & Innovation, 21, 2021, 101254, ISSN 2352-1864.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ



Uday Kumar Banala, Nilamadhab Prasad Indradyumna Das, Subba Rao Toleti,
Microbial interactions with uranium: Towards an effective bioremediation approach,
Environmental Technology & Innovation, 21, 2021, 101254, ISSN 2352-1864.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ



Bhattacharyya, A., Campbell, K., Kelly, S. *et al.* Biogenic non-crystalline $U^{(IV)}$ revealed as major component in uranium ore deposits. *Nat Commun* **8**, 15538 (2017). <https://doi.org/10.1038/ncomms15538>

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ❖ Με απλά λόγια:
- ❖ Η διασπορά ουρανίου με μεγάλες ταχύτητες και σε μεγάλες εκτάσεις εμποδίζεται
- ❖ Αυτό πραγματοποιείται με έναν τρόπο «φυσικό»
- ❖ Έτσι;

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ❖ Με απλά λόγια:
- ❖ Η διασπορά ουρανίου με μεγάλες ταχύτητες και σε μεγάλες εκτάσεις εμποδίζεται
- ❖ Αυτό πραγματοποιείται με έναν τρόπο «φυσικό»
- ❖ Έτσι;
- ❖ Και λύνουμε το πολύ σημαντικό αυτό πρόβλημα και.....

ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ❖ Με απλά λόγια:
- ❖ Η διασπορά ουρανίου με μεγάλες ταχύτητες και σε μεγάλες εκτάσεις εμποδίζεται
- ❖ Αυτό πραγματοποιείται με έναν τρόπο «φυσικό»
- ❖ Έτσι;
- ❖ Και λύνουμε το πολύ σημαντικό αυτό πρόβλημα και
- ❖ Δεν δημιουργούμε κάποιο άλλο (όπως συχνά συμβαίνει)