



ДИНАМИК НӨХЦӨЛД УСАН УУСМАЛААС Cr(VI)-ЫГ БИОСОРБЦЛОХ ПРОЦЕССЫН КИНЕТИКИЙН СУДАЛГАА

А.Алтангэрэл, С.Даваасүрэн

Химийн тэнхим, Байгалийн ухааны салбар, Монгол улсын их сургууль,
Улаанбаатар хот, Монгол улс

Цахим шуудан: dakatuais@yahoo.com

Редакцид ирүүлсэн: 2016.02.15

Товч агуулга: Хүрээлэн буй орчны чухал асуудлын нэг нь усан орчин дахь бохирдуулагч, хортой хүнд металлыг зайлуулах явдал юм. Хүнд металл болон тэдгээрийн нэгдлүүдийг зайлуулах физик, хими, биологийн олон төрлийн аргууд байдгаас биосорбцын арга нь эдийн засгийн хувьд хямд, нүсэр тоног төхөөрөмж шаарддаггүй, хүрээлэн буй орчинд ээлтэй, бүтээмж өндөртэй зэрэг давуу талуудтай. Энэхүү судалгаанд липтон цайны хаягдал биомассаар усан орчноос Cr(VI)-ыг биосорбцох туршилтыг динамик нөхцөлд явуулж, процессын зохистой нөхцөлийг биосорбент материалын үеийн зузаан, урсгалын хурд, Cr(VI)-ын анхны концентрацаас хамааруулан сонгож, биосорбцын кинетикийг тодорхойлох зорилго тавьсан. Туршилтын дүнгээс харахад липтон цайны хаягдал биомассаар Cr(VI)-ыг биосорбцох процесс нь Cr(VI)-ын анхны концентраци 10 мг/л, уусмалын урсгалын хурд 1 мл/мин, биосорбент материалын үеийн зузаан 10 см үед хамгийн сайн явагдаж байв. Усан уусмалаас Cr(VI)-ыг биосорбцох процесс нь pseudo-II эрэмбийн кинетик зүй тогтлоор явагдаж байгааг тогтоов.

Түлхүүр үг: биосорбц, динамик нөхцөл, Cr(VI), липтон цайны биомасс, кинетикийн судалгаа

ОРШИЛ

Манай орны хувьд сүүлийн жилүүдэд хот суурин газарт хүн амын нягтрал ихсэж, аж үйлдвэр, түүний дотор эрчим хүч, барилга, эрдэс түүхий эдийг олборлох болон боловсруулах үйлдвэрийн тоо олширч байгаа билээ [1]. Эдгээр үйлдвэрүүд нь химийн олон төрлийн бодисыг хэрэглэнээр үйлдвэрийн бохир усан дахь хорт бодисын агуулга зөвшөөрөгдөх хэмжээнээсээ давснаас шалтгаалан байгаль орчны тэнцвэрт байдал алдагдаж байгааг судлаачид тогтоогоод байна. Ийм бохирдолтын нэг

нь антропоген хүчин зүйлсээс үүдэлтэй усан орчинд хуримтлагдаж байгаа хүнд металлууд, тухайлбал хром, хар тугалга, кадми, хүнцэл, мөнгөн ус юм [2].

Орчин үед усан уусмал дахь хүнд металлын бохирдолтыг багасгахад тэдгээрийг шингээх сонгомол шинж чанартай, байгалийн болон ахуйн хаягдал материалыг хэрэглэдэг биосорбцын аргыг өргөн хэрэглэх болжээ [2].

Биосорбц нь ердийн физик химийн процесст үндэслэгдсэн, идэвхгүй



биомассын тусламжтайгаар их хэмжээний шингэрүүлсэн уусмал буюу бохир уснаас хүнд металлыг шингээн зайлуулах арга юм [3]. Биосорбцын процессыг тасралтгүй колонкоор явуулах нь үйлдвэрийн хувьд илүү тохиромжтой тул эрдэмтэд динамик нөхцөл дэх биосорбцын процесст нөлөөлөх биосорбент материалын үеийн зузаан, колонк руу уусмал нэвтрэх хурд, уусмалын анхны концентраци, биосорбентын үед тухайн ионы байх хугацаа зэрэг хүчин зүйлийн зохистой утгыг тогтоох,

СУДАЛГААНЫ АРГА АРГАЧЛАЛ

Судалгааны материал: Динамик нөхцөлд усан уусмалаас Cr(VI)-ыг биосорбцлох туршилтыг 1.3 см диаметртэй, 28 см өндөртэй шилэн колонкод тасалгааны температурт явууллаа. Судалгаанд хэрэглэсэн липтон цайны биомассыг хандлагдахгүй болтол усаар угааж дараа нь нэрсэн усаар 2 удаа зайлан, тасалгааны температурт хатаах дарааллаар туршилтанд бэлтгэсэн.

Уусмал дахь Cr(VI)-ын агуулгыг тодорхойлох: Сул хүчиллэг орчинд Cr(VI) нь 1,5 дифенилкарбазидтай харилцан үйлчилж, улаан ягаан өнгийн комплекс нэгдэл үүсгэдэг урвал дээр үндэслэсэн спектрофотометрийн аргаар уусмал дахь Cr(VI)-ын агуулгыг тодорхойлсон. Аргын мэдрэх чадвар 200 мкг Cr(VI)/л, $S_r=0.02$ байдаг [1, 4]. Жиших муруйн регрессийн коэффициент $R^2=0.9986$ байлаа.

Электрон микроскопийн арга: Биосорбент материалыг вакуум орчинд сайтар хагаасны дараа тухайн дээжний цахилгаан дамжуулалтыг хангалттай хэмжээнд аваачих, гадаргуугийн дохиог ихэсгэх зорилгоор алтны нимгэн үеэр бүрж, шинжилгээнд дээжийг бэлтгэсэн. Дээжийг 0.5-40 кЭв энергитэй электроны урсгалаар бөмбөгдөн, электрон дээжийн гадаргуугийн харилцан үйлчлэлийн дүнд үүсэх дундын

улмаар биосорбцын тэнцвэр, кинетикийг биосорбент сорбатын хоорондох масс шилжилт, диффузын процессыг харгалзан тооцоолох судалгааг түлхүү хийж байна [2, 3].

Иймд бид динамик нөхцөлд усан уусмалаас Cr(VI)-ыг хаягдал биомассаар сорбцлох зохистой нөхцлийг сонгож, биосорбцын процессын кинетикийг тодорхойлж тогтоох зорилгоор энэхүү судалгааны ажлыг хийлээ.

болон сарнисан электронуудын дохиог бүртгэн дээжийн гадаргуугийн дүрсийг буулгасан. Биосорбентын гадаргуугийн дүрсийг Nikkiso фермийн Semtrae mini-SM3000 маркийн электрон микрскопоор авлаа.

Рентгенфлуоресценцийн спектрометрийн арга: Үнсжүүлсэн 1.2 г дээжийг LiB_2O_4 ба $Li_2B_4O_7$ -ын 6 г холимогтой хольж, 1150°C температурт хайлуулж бэлтгэн, PANalytical фермийн AXIO маркийн рентгенфлуоресценцийн спектрометрээр хэмжиж, биосорбент материал липтон цайны хаягдал дахь макро ба микро бүрэлдэхүүн хэсгийн агуулгыг тодорхойллоо.

Усан уусмалаас динамик нөхцөлд Cr(VI)-ыг биосорбцлох: Усан уусмалаас Cr(VI)-ыг динамик нөхцөлд липтон цайны биомассаар биосорбцлох туршилтыг уусмалын анхны концентраци (5-30 мг/л), колонк руу нэвтрэх уусмалын хурд (0.5 - 2.5 мл/мин), колонк дахь биосорбентын үеийн зузаан (4, 6, 8, 10 12 см) зэрэг хүчин зүйлээс хамааруулан явууллаа.

Биосорбентод шингээгдэх металлын хэмжээг, харьцангуй хуурай биосорбентын нэгж массд шингээгдэх металлын хэмжээ буюу биосорбцын багтаамж (1)-ээр илэрхийлдэг [1, 5, 6].

$$q = \frac{(C_0 - C_f) \cdot V}{m} \quad (1)$$

Энд: C_0 – уусмалын анхны концентраци (мг/л), C_f – биосорбцын дараах концентраци (мг/л), V – уусмалын эзэлхүүн (мл), m – биосорбентын масс (г), q – биосорбцын багтаамж, (мг/г)

Динамик нөхцөл дэх биосорбцын кинетикийн судалгаа: Биосорбцын кинетикийг судлах нь онол практикийн чухал ач холбогдолтой. Биосорбцын механизм, түүний үр ашгийг тодорхойлохын тулд туршилтын дүнг үндэслэн кинетик тооцоо хийдэг [8, 9].

Биосорбцын хурд нь фазуудын нийлсэн гадаргуу дахь бодисын диффузын хурд, температур, процессыг явуулж байгаа арга зэргээс хамаардаг. Судлаачид биосорбцын кинетикийг тайлбарласан онол, туршилтын

шинжтэй кинетик загвар тэгшитгэл олон гаргаснаас хүнд металлын биосорбцын процесст pseudo-I, pseudo-II эрэмбийн кинетик тэгшитгэлийг хэрэглэх нь тохиромжтой болохыг судлаачид тогтоожээ [7, 10, 11].

Pseudo-I эрэмбийн кинетик тэгшитгэл: Биосорбцын багтаамжаас хамаарсан pseudo-I эрэмбийн кинетик тэгшитгэлийг (2) байдлаар бичиж болно [8, 10, 12, 14].

$$\frac{dq}{dt} = k_1(q_e - q) \quad (2)$$

Концентраци, хугацааны хамаарлыг гаргахын тулд дифференциал тэгшитгэлийг интегралчлах шаардлагатай байдаг. Иймд

$$\ln(q_e - q) = \ln q_e - k_1 t \quad (3)$$

Энд: k_1 – pseudo-I эрэмбийн урвалын хурдны тогтмол (1/мин), q_e – биосорбцын тэнцвэрийн багтаамж (мг/г), $q - t$ хугацаан дахь биосорбцын багтаамж (мг/г)

Дээрх тэгшитгэлийг үндэслэн $\ln(q_e - q) = f(t)$ хамаарлын график байгуулан, графикаас pseudo-I эрэмбийн хурдны тогтмолыг тооцоолох боломжтой юм.

$$\frac{dq}{dt} = k_2(q_e - q)^2 \quad (4)$$

Энэ тэгшитгэлийг $t=0, q=0$ ба $t=t, q=q_e$ гэсэн нөхцөлд интегралчилбал тэгшитгэл (5) хэлбэртэй болно:

$$\frac{t}{q} = \frac{t}{q_e} + \frac{1}{k_2 q_e^2} \quad (5)$$

Энд: k_2 – pseudo-II эрэмбийн урвалын хурдны тогтмол (г/(мг \times мин)), q_e – биосорбцын тэнцвэрийн багтаамж (мг/г), $q - t$ хугацаан дахь биосорбцын багтаамж (мг/г)

Pseudo-II эрэмбийн хурдны тогтмолыг $t / q = f(t)$ шугаман хамаарлын график байгуулж, графикаас тооцооны аргаар тодорхойлж болно.

ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Биосорбент материалын рентген-флуоресценцийн шинжилгээ

Судалгаанд хэрэглэсэн липтон цайны биомассын органик биш макро болон микро бүрэлдэхүүн хэсгийн агуулгыг

тогтоох зорилгоор рентгенфлуоресценцийн шинжилгээг Геологийн Төв Лабораторт хийлгэлээ. Шинжилгээний дүнг хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1

Липтон цайны биомассын органик биш макро, микро компонентын агуулга

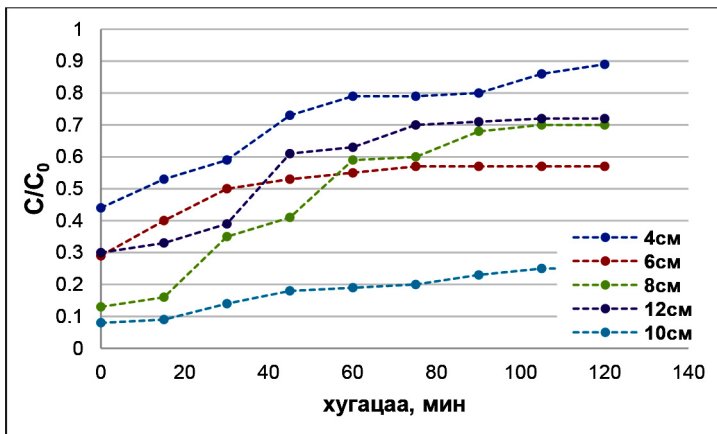
Макрокомпонентын агуулга, %											
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	F	Чийг
7.65	0.10	5.57	1.22	1.10	6.61	32.24	0.98	2.11	11.53	<0.05	28.47
Микрокомпонентын агуулга, мг/кг											
Ba	Cr	Cu	Ga	Ni	Pb	Rb	Sr	Sc	Zn		
832	84	903	4	149	23	24	1025	18	11748		

Хүснэгт 1-ээс харахад липтон цайны хаягдал биомассд CaO (32.24%), P₂O₅ (11.523%), SiO₂ (7.65%), MgO (6.61%), Al₂O₃ (5.57%) тус тус агуулагдаж байна. Иймээс усан уусмалд агуулагдах хромын CrO₄²⁻, HCrO₄⁻ анионуудтай биосорбент материалд агуулагдах кальци ба магниийн ион харилцан үйлчлэлд орох боломжтой юм. Микрокомпонентоос Zn (11748 мг/кг), Sr (1025 мг/кг), Cu (903 мг/кг), Ba (832 мг/кг) тус тус агуулагдаж байлаа.

Усан уусмалаас Cr(VI)-ыг биосорбцлох зохистой нөхцлийг тодорхойлох

Биомассын үеийн зузааны нөлөө:

Липтон цайны биомассаар усан уусмалаас Cr(VI)-ыг биосорбцлох туршилтыг уусмалын анхны концентраци 10 мг/л, уусмал нэвтрэх хурд 1 мл/мин, биомассын үеийн зузаан 4, 6, 8, 10 см, 12 см болон тасалгааны температурт явууллаа. Биосорбцын үед уусмалд үлдсэн Cr(VI)-ын агуулгыг 20 минут тутамд тодорхойлж байв. Туршилтын дүнг биосорбцын дараах уусмалын концентраци ба уусмалын анхны концентрацын харьцаа (C/C₀), хугацааны хамаарлаар зураг 1-д үзүүллээ.

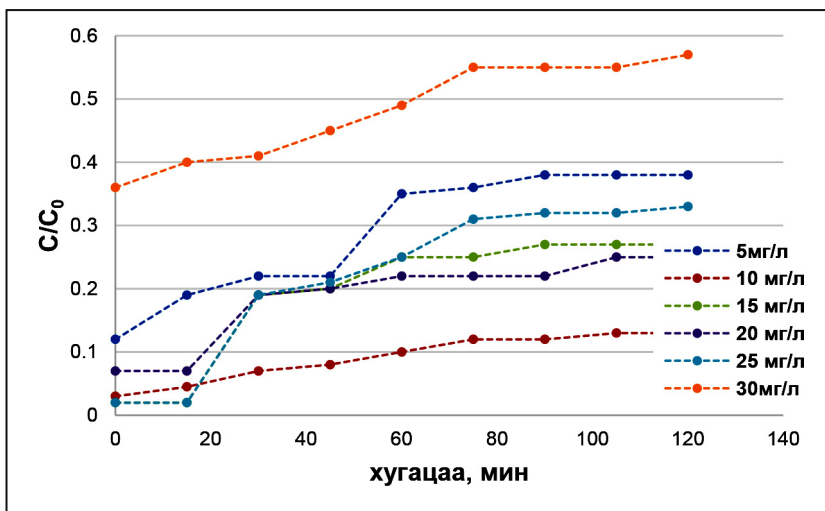


Зураг.1. Биомассын үеийн зузаан ялгаатай үед C/C₀ ба хугацааны хамаарал (C₀=10 мг/л, v= 1 мл/мин, θ=20-25°C)

Зураг 1-ээс харахад туршилтын эхний 15 минутад концентрацын харьцаа аажим ихсэж, туршилтын дунд үед огцом өсөж, харин туршилтыг явуулснаас хойш 60 минутаас эхлээд концентрацын харьцаа тогтмолжиж байв. Энэ нь сорбат биосорбентод шингээгдэх процесс туршилтыг явуулснаас хойш ойролцоогоор 60 минутын дотор эрчимтэй явагдаж байгааг харуулж байна. Биосорбент материалын үеийн зузаан ихсэхэд сорбцлогдсон бодисын хэмжээ аажим ихсэж байгааг биосорбентын үеийн зузаан ихсэхэд, биосорбентын идэвхтэй хэсэг рүү металл ионы шилжилт ихэсдэгтэй холбоотой гэж үзлээ. Туршилт явуулснаас хойш 60 минутын дараа биосорбцлогдсон бодисын хэмжээ дундажаар 99.2-99.5% байв. Иймээс биосорбцын туршилтын 60

минутаас системд биосорбент - металл ион гэсэн хөдөлгөөнт тэнцвэр тогтсон гэж үзэж байна. Биосорбентын үеийн зузаан 10 см үед эргэлтийн муруйн налуу буурч байгаа нь үеийн зузаан өсөхөд масс шилжилтийн бүс тэлж байгаатай холбоотой юм [2]. Иймд дараагийн туршилтанд биосорбент материалын үеийн зузааныг 10 см байх нь тохиромжтой гэж үзэв.

Уусмалын анхны концентрацын нөлөө: Усан уусмалаас Cr(VI)-ыг биосорбцлоход уусмал дахь металл ионы анхны концентрацын нөлөөг судлахын тулд уусмалын анхны концентрацыг 5 -30 мг/л-ийн хооронд өөрчилж туршилтыг тасалгааны температурт явууллаа. Туршилтын үр дүнг Зураг 2-т нэгтгэн үзүүлээ.



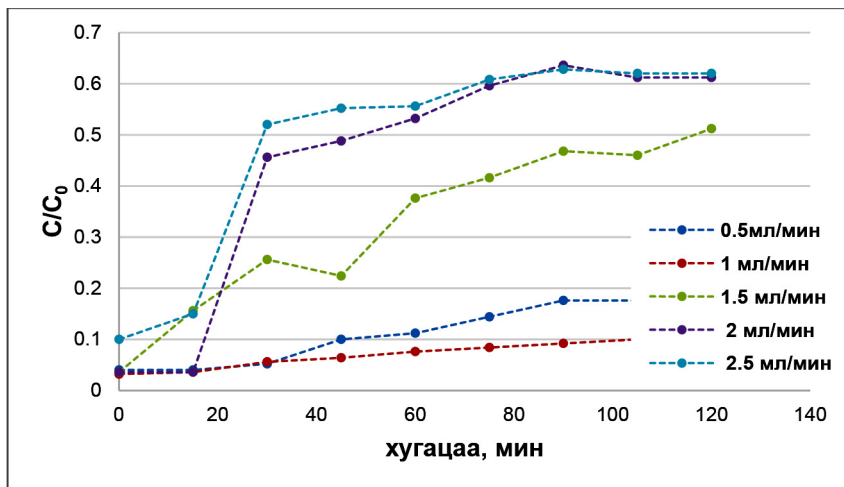
Зураг.2. Уусмалын анхны концентраци ялгаатай үед C/C_0 хугацааны хамаарал ($h=10$ см, $v=1$ мл/мин, $\theta=20-25^\circ\text{C}$)

Туршилтын дүнгээс харахад уусмал дахь Cr(VI)-ын анхны концентраци 5 - 30 мг/л болж ихсэхэд биосорбц эхний 30 минутанд эрчимтэй явагдаж, хромын концентраци 0.043-0.085 мг/л болж буурсан байлаа. Туршилтыг явуулснаас хойш 60 минутын дараа концентрацын харьцаа харьцангуй тогтмолжиж байгаа нь биосорбент материал сорбатаар ханаж байгааг харуулж байгаа

юм. Уусмал дахь Cr(VI)-ын концентраци ихсэхэд концентрацын харьцаа ихсэж, харин биосорбцлогдсон Cr(VI)-ын хэмжээ багасаж байна. Учир нь биосорбент материалын үеийн зузаан өөрчлөгдөхгүй байгаа учир систем дэх биосорбентын идэвхтэй төвийн тоо тогтмол бөгөөд түүнд сорбцлогдох Cr(VI)-ын хэмжээ бага байгаа юм [3, 15]. Харин уусмал дахь Cr(VI)-ын

агуулга бага үед концентрацын харьцаа бага байна. Энэ нь биосорбентын бүх идэвхтэй хэсгүүдтэй металлын ион бүрэн харилцан үйлчилж байгаатай холбоотой гэж үзэж байна. Иймд уусмал дахь Cr(VI) -ын концентраци 10 мг/л үед биосорбцын туршилтыг явуулах нь тохиромжтой гэж үзлээ.

Уусмал нэвтрэх хурдны нөлөө: Динамик нөхцөл дэх биосорбцын процессын чухал хүчин зүйлийн нэг бол уусмал нэвтрэх хурд юм. Усан уусмалаас Cr(VI) -ыг биосорбцлоход нэвтрэх хурдыг 0.5 мл/мин - 2.5 мл/мин болгон өөрчилж туршилтыг явуулсан. Туршилтын дүнг зураг 4-д үзүүлэв.



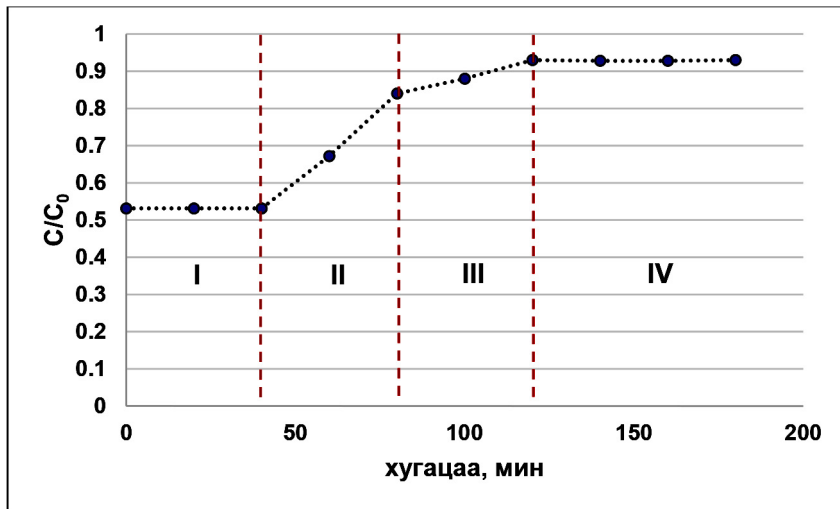
Зураг.3. Уусмал нэвтрэх хурд ялгаатай үед C/C_0 хугацааны хамаарал ($C_0=10$ мг/л, $h=10$ см, $\theta=20-25^\circ\text{C}$)

Зураг.3-аас харахад колонк руу уусмал нэвтрэх хурд 0.5-2.5 мл/мин болж ихсэхэд концентрацын харьцаа биосорбцын эхэнд эрчимтэй өсөж, туршилт явуулснаас хойш 40 минут болоход тогтмолжсон. Энэ нь биосорбент материал уусмалаас Cr(VI) ионыг шингээж, биосорбент материал металл ионоор ханаж байгаатай холбоотой юм. Колонк руу уусмал нэвтрэх хурд ихсэхэд концентрацын харьцаа хугацаа ихсэх тусам өсөж байлаа. Колонк руу уусмал нэвтрэх хурд бага үед биосорбентод металл ионы хуримтлагдах процесс бүрэн явагдаж байгаа нь ажиглагдлаа. Энэ нь уусмал нэвтрэх хурд ихсэхэд биосорбентын гадаргуу

дахь металлын ионы диффузлэгдэх хугацаа багасдаг бөгөөд биосорбц бүрэн явагдалгүй системд тэнцвэр тогтдогтой холбоотой юм [16, 17]. Иймд колонк руу уусмал нэвтрэх хурдыг 1 мл/мин байх нь тохиромжтой гэж үзлээ.

Зохистой нөхцөлд явуулсан туршилтын дүгнэлт

Өмнөх туршилтын дүнг үндэслэн усан уусмалаас Cr(VI) ионыг биосорбцлох туршилтыг уусмалын анхны концентраци 10 мг/л, биосорбентын үеийн зузаан 10 см, уусмал нэвтрэх хурд 1 мл/мин гэсэн нөхцөлд явуулав. Туршилтын дүнг Зураг.4-д харууллаа.



Зураг.4. Зохистой нөхцөлд явуулсан Cr(VI)-ын биосорбц
($C_0=10$ мг/л, $h=10$ см, $v=1$ мл/мин)

Туршилтын дүнг (Зураг 4)-ээс харахад биосорбцын процесс үндсэн 4 үе шаттайгаар явагдаж байна. Эхний 40 минутад биосорбент сорбат гэсэн системд Cr(VI) ионы шилжилт явагдаж байна. Туршилтын 40-80 минутад Cr(VI) ион биосорбент (липтон цайны биомасс)-ын гадаргууд диффузлэгдэх ба энэ хоёрдугаар үе шат нь хурд ихтэй явагддаг болох нь харагдсан. Эдгээр I, II шатанд Cr(VI) ион биосорбентын гадаргууд хуримтлагдана. Харин туршилтын 80 дахь минутаас биосорбентын идэвхтэй төв рүү Cr(VI) ионы шилжилт явагдана. Биосорбцын сүүлийн IV шатанд ион солилцох, комплексжих, тунадасжих зэрэг хэд хэдэн процесс хамт явагдах боломжтой тул металл хуримтлуулах нийлмэл механизмтэй процесс гэж үздэг [1].

Харин 120 дахь минутаас биосорбент Cr(VI) ионоор бүрэн ханаж, системд биосорбент – сорбат гэсэн хөдөлгөөнт тэнцвэр тогтож байгааг зургаас харж юм. Зохистой нөхцөлд явуулсан биосорбцын концентрацын харьцаа хугацааны хамаарал буюу биосорбцын эргэлтийн муруй нь ерөнхийдөө S хэлбэртэй гарсан нь биосорбц

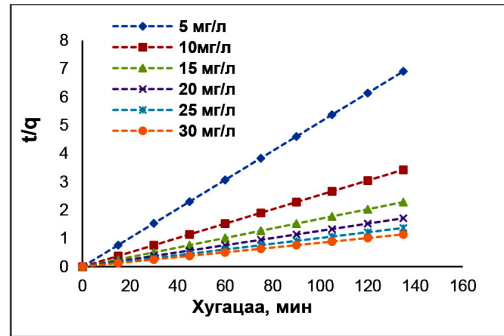
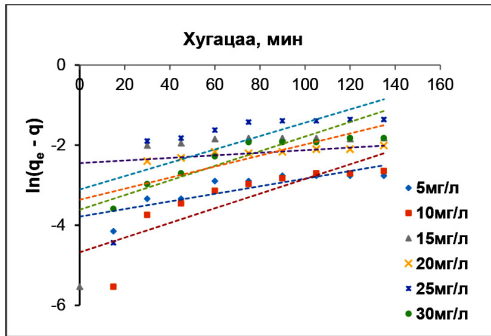
бүрэн гүйцэд явагдсан болохыг илэрхийлж байна [2, 9, 15].

Динамик нөхцөл дэх биосорбцын кинетикийн судалгаа

Динамик нөхцөлд усан уусмалаас Cr(VI)-ыг биосорбцлох үеийн кинетикийн тооцоог уусмалын анхны концентрацаас хамааруулан явуулсан туршилтын дүнг хэрэглэн pseudo-I, pseudo-II эрэмбийн кинетик загвар тэгшитгэлүүдээр (тэгшитгэл 3, тэгшитгэл 5) хийлээ. Шугаман хамаарлын графикийг зураг.5-д нэгтгэн харууллаа.

5-р зургаас харахад липтон цайны биомассаар усан уусмалаас Cr(VI)-ыг биосорбцлох процесс нь pseudo-II эрэмбийн зүй тогтлоор явагдаж байгаа нь илэрхий байна. Процесс pseudo-II эрэмбийн кинетик зүй тогтлоор явагдаж байгаа үед сорбат-биосорбентын хооронд химийн харилцан үйлчлэл явагддаг гэж үздэг [1].

Pseudo-I ба pseudo-II эрэмбийн кинетик тэгшитгэлийн шугаман хамаарлын графикаас биосорбцын багтаамж болон хурдын тогтмолуудыг тооцооллоо. Тооцооны дүнг хүснэгт.2-т нэгтгэн харууллаа.



Зураг.5. Уусмалаас Cr(VI)-ыг биосорбцлох үеийн pseudo-I, pseudo-II эрэмбийн кинетик муруй ($h=10$ см, $v=1$ мл/мин)

Хүснэгт 2

Pseudo-I болон pseudo-II эрэмбийн урвалын хурдны тогтмолууд

Уусмалын анхны концентраци, мг/л	Pseudo-I эрэмбийн кинетик тэгшитгэл			Pseudo-II эрэмбийн кинетик тэгшитгэл		
	q_e , мг/г	k_p , мин ⁻¹	R^2	q_e , мг/г	k_2 , г / (мг мин)	R^2
5	43.59	0.0095	0.69	19.26	1.37	0.99
10	105.90	0.0183	0.67	39.21	0.800	1.00
15	36.74	0.0183	0.43	59.17	0.95	0.99
20	11.47	0.0032	0.89	78.74	0.80	1.00
25	22.12	0.0167	0.48	98.03	0.34	1.00
30	28.58	0.0138	0.82	117.64	0.36	1.00

Регрессийн коэффициентын утгаас харахад липтон цайны биомассаар Cr(VI)-ыг биосорбцлох процесс нь pseudo-II эрэмбийн кинетик зүй тогтлоор явагдаж байна. Энэ процессын хувьд уусмалын анхны концентраци ихсэхэд pseudo-II эрэмбийн кинетик тэгшитгэлийн хувьд биосорбцын багтаамж 19.5-117.6 мг/г болж өссөн байлаа. Энэ нь уусмалын концентраци ихсэхэд тухайн процессын хурд ихсэх ба биосорбент - сорбатын хоорондын идэвхтэй харилцан үйлчлэл ихсэж байгаатай холбоотой юм. Биосорбцын багтаамж 19.5-117.6 мг/г гарсан нь уусмал дахь металл ионы концентрацын нөлөөг судалсан туршилтын дүн (18.86 мг/г-115.94 мг/г)-тэй тохирч байлаа. Процесс pseudo-II эрэмбийн кинетик зүй тогтлоор явагдаж байгаа үед урвалын хурд тодорхойлох шатанд химийн сорбц буюу сорбат биосорбентын хооронд

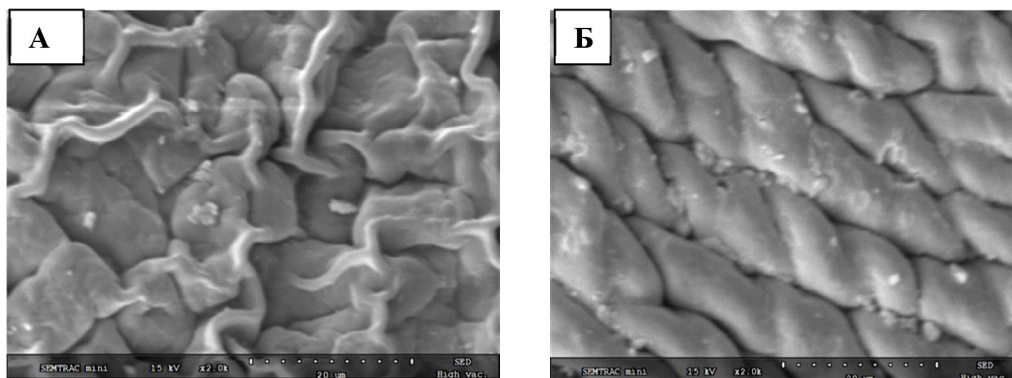
электроны шилжилт явагддаг [1, 17]. Харин тухайн процесс pseudo-I эрэмбийн кинетик зүй тогтлоор явагдаж байвал их хурдтай явагдах ба урвалын хурд тодорхойлох шатанд физик сорбц явагдаж, тухайн процесс эргэх шинж чанартай байдаг нь бидний судалгаагаар батлагдлаа [1, 17].

Биосорбент липтон цайны биомассын гадаргуугийн шинжилгээ: Биосорбент липтон цайны биомассын гадаргуугийн зургийг МУИС, ХШУС-ийн Нанотехнологийн лабораторт Semtrac Mini SM3000 маркийн сканнинг электрон микроскопийн багажаар авсан. Судалгаанд хэрэглэсэн биосорбентын гадаргуугийн зургийг (6-р зураг) доор үзүүллээ.

Липтон цайны биомассын биосорбцын өмнөх гадаргуугийн зургаас харахад гадаргуу барзгар, сүвэрхэг бүтэцтэй байсан. Харин биосорбцын дараа биомассын

гадаргууд өөрчлөлт орж, сүвэрхэг байдал багассан байлаа. Энэ нь биосорбентын идэвхтэй хэсгүүдтэй металлын ион

харилцан үйлчлэлд орж, биосорбентын гадаргууд сууснаар сүвэрхэг байдал нь багассантай холбоотой гэж үзлээ.



Зураг.6. Биосорбент липтон цайны биомассын гадаргуугийн зураг (А-Биосорбцын өмнө, Б- Биосорбцын дараа)

ДҮГНЭЛТ

1. Биосорбент липтон цайны биомассын органик биш макрокомпонентын агуулгыг рентгенфлуоресценцийн спектрометрээр тодорхойлоход MgO-0.56%, Na₂O-0.02%, K₂O-0.2%, CaO-54.9% агуулагдаж байлаа. Иймд усан уусмалд анионы хэлбэр (CrO₄²⁻, HCrO₄⁻)-ээр агуулагдах Cr(VI) ионтой биосорбент материалд агуулагдах кальци ба магнийн ион харилцан үйлчлэлд орох боломжтой юм.
2. Динамик нөхцөлд липтон цайны биомассаар усан уусмалаас Cr(VI)-ыг биосорбцлох процессыг уусмалын анхны концентраци-10 мг/л, биосорбентын үеийн зузаан 10 см, уусмал нэвтрэх хурд 1 мг/мин үед явуулах нь тохиромжтой гэж үзлээ.
3. Динамик нөхцөл дэх биосорбцын кинетик тооцоогоор pseudo-II эрэмбийн хурдны тогтмол нь 0.34-1.36 г/(мг×мин) байлаа. Энэ процесс нь pseudo-II эрэмбийн кинетик зүй тогтлоор буюу биосорбцын сүүлийн шатанд химийн харилцан үйлчлэл явагдаж байгаа тул усан уусмалаас Cr(VI)-ыг липтон цайны биомассаар биосорбцлох бүрэн боломжтой болохыг тогтоолоо.

Ашигласан бүтээлийн жагсаалт

1. Алтангэрэл.А, 2011, Усан уусмалаас хром, хар тугалганы агуулгыг биосорбцын аргаар багасгах процессын физик химийн судалгаа, Докторын зэрэг горилсон судалгааны ажил, УБ, х.40-83
2. Suleman Qaiser, Anwar Rasheed Saleemi, Muhammad Umar, 2009, Biosorption of lead from aqueous solution by Ficus religiosa leaves: Batch and column study, Journal of Hazardous Materials 166: 998-1005
3. Suhong Chen, Qinyan Yue, Baoyu Gao, Qian Li, Xing Xu, Kaifang Fu, 2012, Adsorption of hexavalent chromium from aqueous solution by modified corn stalk: A fixed-bed column study, Bioresource Technology 113: 114-120
4. Усны чанар – Хром (VI) тодорхойлох 1,5-дифенилкарбазид ашигласан



- спектрометрийн арга, MNS ISO 11083-2001, Монгол Улсын Үндэсний стандарт
5. Kratochvil. D, Volesky. B., 1998, *Advances in the biosorption of heavy metals*, *Trends Biotechnology*, 16: 291-300
 6. Volesky. B, 2007, *Biosorption and me: review*, *Water Research*, 41: 4017-4029
 7. Gokhale. S. V, Jyoti. K. K, Lele. S. S, 2009, *Modeling of chromium(VI) biosorption by immobilized Spirulina platensis in packed column*, *Journal of Hazardous Materials*, 170:735-743
 8. Fabrianto. J, Kosasih. A. N, Sunarso. J, Ju. Y, Indraswati. N, Ismadji. S, 2009, *Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: A summary of recent studies*, *Journal of Hazardous Materials*, 162:616-645
 9. Plazinski. W, Rudzinski. W, Plazinska. A, 2009, *Theoretical models of sorption kinetics including a surface reaction mechanism: A review*, *Advances Colloid Interface Science*, 152:2-13
 10. Ho. Y. S, McKay. G, 2006, *Pseudo-second order model for sorption processes*, *Process Biochemistry*, 34: 451-465
 11. Liu. Y, Shen. L, 2008, *A general rate law equation for biosorption*, *Biochemistry Engineering Journal*, 38:390-394
 12. Liu. Y, Liu. Y. J, 2008, *Biosorption isotherms, kinetics and thermodynamics*, *Separation and Purification Technology*, 61:229-242
 13. Schiewer. S, Balaria. A, 2009, *Biosorption of Pb²⁺ by original and protonated citrus peels: Equilibrium, kinetics and mechanism*, *Chemical Engineering Journal*, 146:211-219
 14. Febrianto. J, 2009, *Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: A summary of recent studies*, *Journal of Hazardous Materials*, 162:616-645
 15. Naddafi. K, Nabizadeh. R, Saedi. A, 2006, *Biosorption of lead(II) and cadmium(II) by protonated Sargassum glaucescens biomass in a continuous packed bed column*, *Journal of Hazardous Materials*, 147:785-791
 16. Dabrowski. A, 2001, *Adsorption from theory to practice*, *Advances in Colloid and Interface Science*, 93:166-167
 17. Naja. G, Volesky. B, 2008, *Biosorption, metals*, *Encyclopedia of Industrial Biotechnology*, 6: 196-211



KINETIC STUDY ON BIOSORPTION OF Cr(VI) FROM AQUEOUS SOLUTION IN DYNAMIC CONDITION

A. Altangerel, S. Davaasuren

Department of Chemistry, School of Arts and Science, NUM, Mongolia

E-mail: dakamuis@yahoo.com

Abstract

Metals containing wastes are directly or indirectly discharged into the environment, especially in the developing countries, having brought a serious environmental pollution, and threatened to biolife. Among biological, physical and chemical methods of polluting heavy metals removal and their compounds, biosorption method is considered to be economically cheap and environmentally friendly as well as high productivity. The biosorption kinetic of Cr(VI) on Lipton tea biomass were investigated with respect to initial Cr(VI) concentration, flow rate and biosorbent bed height. The Cr(VI) biosorption from aqueous solutions by Lipton tea biomass was performed in dynamic condition. The highest biosorption capacity of Cr(VI) by Lipton tea waste was observed at the initial Cr(VI) concentration of 10 mg/l, flow rate 1 ml/min and biosorbent bed height 10 cm. Biosorption of Cr (VI) was followed with the pseudo-II kinetics.

Keywords: *biosorption, dynamic condition, Cr(VI), lipton tea biomass, kinetic study*