



ნარჩენები და ბიორემედიაცია

ეკოლოგიური ცნობიერების
ამაღლება და ნარჩენების
მართვა

www.eawm.org.ge

ნარჩენები და ბიორემედიაცია

სახელმძღვანელო
ნაწილი III

ავტორი:

ნინო ზაქარიაშვილი

ბიოლოგიის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის, სერგი დურმიშიძის ბიოქიმიისა და

ბიოტექნოლოგიის ინსტიტუტის მეცნიერ თანამშრომელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი

სარჩევი

შინაარსი	5
შესავალი.....	6
ანთროპოგენული წარმოშობის დამაბინძურებლები	7
გარემოს დამაბინძურებლების კატეგორიები	9
ქლორის გამოყენება.....	11
ქლორის სახიფათო თვისებები.....	12
ქლორის გაჟონვის ავარიები.....	15
ქლორით ინტოქსიკაცია.....	16
ქლორის გაჟონვის ავარიის ლიკვიდაცია	17
ქლორი და მისი „დამაგროვებელი“ მოქმედებით გამოწვეული საფრთხეები.....	19
ქლორი და მცენარეები	23
ქლორიდებით დაბინძურებული ნიადაგების აღდგენის თანამედროვე ბიოტექნოლოგია.....	25
ბიოტექნოლოგია.....	30
ბიორემედიაცია.....	31
ბიორემედიაციის კატეგორიები	33
მიკრობული რემედიაცია - კომპოსტირება და ბიოხსნარები.....	33
ტოქსიკანტებით დაბინძურებული ნიადაგების ბიორემედიაცია	34
ნიადაგის in situ ბიოდამუშავება.....	35
ნიადაგის ex situ ბიოდამუშავება	36
კომპოსტირება	38
ბიოხსნარები	39
ნავთობით დაბინძურებული გარემოს თანამედროვე ბიორემედიაციული სისტემები	39
ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ბიორემედიაციული სისტემები	40
ფეთქებადი ნივთიერებების დეტოქსიკაცია	41
პესტიციდების დეტოქსიკაცია	42
პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების (პან) დეტოქსიკაცია	42
ფიტორემედიაციული ბიოტექნოლოგიები	44
ფიტორემედიაციული ტექნოლოგიების მეთოდები	45
რიზოფილტრაცია.....	46

ფიტოექსტრაქცია	48
რიზოდეგრადაცია	49
ფიტოდეგრადაცია	51
ფიტოსტაბილიზაცია	53
ფიტოვოლატიზაცია.....	54
ფიტოჰიდრავლიკა.....	56
რა უნდა გავითვალისწინოთ კონკრეტული ფიტორემედიაციული მეთოდის შერჩევას?	58
ატმოსფერული ჰაერის ბიორემედიაციული ტექნოლოგიები	59
მიკროორგანიზმებზე დამყარებული ატმოსფეროს რემედიაცია	59
ატმოსფეროს გაწმენდის ფიტორემედიაციული სისტემები – „მწვანე ფილტრი“	60
ტრანსგენული მცენარეები ფიტორემედიაციისთვის	62
გამოყენებული ლიტერატურა	64

შინაარსი

წინამდებარე პუბლიკაცია ეხება ანთროპოგენული წარმოშობის ერთ-ერთი ტოქსიკანტით - ქლორით და მისი ნაერთებით ბიოსფეროს დაბინძურების პრობლემას. ბროშურაში განხილულია ქლორის როგორც სასარგებლო თვისებები, ასევე-ის პოტენციური საფრთხეები, რაც შეიძლება დაემუქროს ნებისმიერ ცოცხალ ორგანიზმს გარემომცველ სამყაროში მისი გაჟონვის შემთხვევაში.

პუბლიკაციის მთავარი მიზანია მოსახლეობის ინფორმირება იმის თაობაზე, რომ სასიცოცხლოდ აუცილებელი ეს ელემენტი, რომელმაც სასარგებლო თვისებების წყალობით, ფართო გამოყენება ჰპოვა მრეწველობის სხვადასხვა დარგში და სასმელი წყლის დეზინფიცირებით მრავალი ეპიდემიის პრობლემა გადაჭრა, **ამავე დროს, უძლიერეს და თითქმის უმაღლესი საფრთხის შემცველ კანცეროგენს (სიმსივნის გამომწვევს) წარმოადგენს.** გარკვეულ გარემოებებში ქლორის უმცირესი დოზაც კი დამანგრეველ ზემოქმედებას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. მისი გამანადგურებელი ეფექტი ვრცელდება სიცოცხლის ნებისმიერ ფორმაზე, საკვებზე, რომელსაც ყოველდღიურად მივირთმევთ, სამკურნალო პერეპარატებსა და ლითონის კონსტრუქცია - ნაგებობებზე.

პუბლიკაციაში განხილულია ქლორიდებით დაბინძურებული გარემოს გაწმენდის ინოვაციური ეკობიოტექნოლოგია - ნიადაგის ბიორემედიაციის თანამედროვე მეთოდი.

ბროშურის მიზანია, აგრეთვე, სკოლებისა და სხვა საგანმანათლებლო დაწესებულებების პერსონალის ეკოლოგიური ცნობიერების ამაღლება ვადაგასული და ხმარებიდან ამოღებული, არასაჭირო ქიმიური ნივთიერებების უსაფრთხო გატანისა და უტილიზაციის აუცილებლობის შესახებ; რათა უპასუხისმგებლო და დაუდევარი ქმედებით, ხშირად საფრთხის შემცველი და დაუდგენელი შემადგენლობის ეს ქიმიური რეაქტივები არ აღმოჩნდეს დასახლებულ ტერიტორიებზე და ნაგავსაყრელზე. ნაგვის თვალიდან „მოფარება“ მასთან დაკავშირებულ პრობლემებს ვერ მოაგვარებს! **მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, კიდევ ერთხელ შევახსენოთ საზოგადოებას:** გრუნტის წყლების ძირითად დამაბინძურებელს სწორედ ნაგავსაყრელები წარმოადგენს, საიდანაც ეს ვადაგასული რეაქტივები ერთ „მშვენიერ“ დღეს, შეიძლება, იმ ჭაშიც აღმოჩნდეს, რომლიდანაც წყალს ვსვავთ.

პუბლიკაციის მეორე ნაწილში განხილულია ეკოლოგიური კრიზისის დამლევის თანამედროვე პერსპექტივები - ტოქსიკანტებით დაბინძურებული წყლის, ჰაერისა და ნიადაგის გაწმენდის ეკონომიურად მომგებიანი და ეკოლოგიურად უსაფრთხო ბიოტექნოლოგიები. ნაჩვენებია ბიორემედიაციული ტექნოლოგიების უპირატესობა გარემოს გასუფთავების არსებულ ფიზიკურ და ქიმიურ მეთოდებთან შედარებით. მოცემულია რეკომენდაციები კონკრეტული დამაბინძურებლის შესაბამისი ბიორემედიაციული ტექნოლოგიის შესარჩევად.

ბროშურა მომზადებულია პროექტ „დავასუფთავოთ საქართველო-ფაზა III“-ის ფარგლებში, რომლის მთავარი მიზანია საზოგადოების ეკოლოგიური ცნობიერების ამაღლების გზით ნარჩენების მართვის თანამედროვე სტანდარტების შესაბამისი ბაზის შექმნა საქართველოში.

შესავალი

ბიოსფეროს ორი ტიპის დამაბინძურებელი „ჰყავს“: ბუნებრივი და ხელოვნური. ბუნებრივ დამაბინძურებლებს მიეკუთვნება: სტიქიური მოვლენების - ვულკანური ამოფრქვევებისა და მიწისძვრების შედეგად წარმოქმნილი მომწამლავი აირები, აგრეთვე- ტყის დიდი მასივების, ნახშირის, ტორფისა და მადნეულის საბადოების ბუნებრივი წვის პროცესში გამოყოფილი ტოქსიკური ნაერთები. გარემოს ლოკალური დაბინძურების მიზეზად, ასევე, შეიძლება, იქცეს ტოქსიკური ელემენტების (მაგ.დარიშხანის, ვერცხლისწყლის და სხვ.) შემცველი ქანების გამორეცხვა წყალდიდობების, მიწისძვრებისა და მეწყერების დროს, მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად ჭაობებიდან გამოყოფილი მომწამლელი გაზები, მცენარეთა მტვერი გაზაფხულზე, სტეპებისა და ტყეების ხანძრები და ა.შ.

ბიოსფერო, როგორც თვითრეგულირებადი სისტემა თავად უმკლავდება ბუნებრივ დამაბინძურებლებს, თუმცა ზოგჯერ ბუნებრივ კატაკლიზმებსაც შეუძლია, დროებით დაარღვიოს პლანეტის ეკოლოგიური წონასწორობა. მაგ. 1883 წელს, კუნძულ იავაზე, ვულკანმა კრაკატაუმ არნახული რაოდენობით მტვერი და ნაცარი გამოტყორცნა ატმოსფეროში, რამაც საგრძნობი ცვლილება გამოიწვია დედამიწის სითბურ ბალანსში. ვულკანებიდან აირების გამოყოფა სიმშვიდის პერიოდშიც ხდება: ცნობილია, რომ იაპონიის ვულკან ასამას მიერ გოგირდის დიოქსიდის დღეღამური გამონაბოლქვი აქტივაციის დროს 789 ტონას შეადგენს, მშვიდ პერიოდში - 5-ჯერ ნაკლებს, მაგრამ ბიოსფეროს ბუნებრივ დაბინძურებასთან შედარებით გაცილებით მძიმეა ადამიანის მოღვაწეობით (ანთროპოგენურად) გამოწვეული გარემოს ქიმიური დაბინძურება.

ანთროპოგენული წარმოშობის დამაბინძურებლები

რას წარმოადგენს ანთროპოგენული წარმოშობის დამაბინძურებლები?

საზოგადოების წარმოშობის დღიდან ადამიანი სამეურნეო და სამრეწველო საქმიანობით განუწყვეტლივ არღვევს ბიოსფეროს ეკოლოგიურ წონასწორობას: ჩეხავს ტყეებს, ცვლის ნიადაგის სტრუქტურას, ანაწევრებს ლანდშაფტს, აშრობს ჭაობებს, უფრო მეტიც, ცდილობს მაქსიმალურად გამოიყენოს დედამიწისა და მასზე დასახლებული ყველა არსების შესაძლებლობები: გამოჰყავს მისთვის საჭირო, მაგრამ ბუნებისთვის „უცხო“, გენმოდიფიცირებული ორგანიზმები. ერთი სიტყვით, არნახულად გაზრდილი მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად ადამიანი ბიოსფეროს ყველაზე დიდ და საშიშ კონსუმენტად (მომხმარებლად) იქცა. ასეთი გაცნობიერებული და ზოგჯერ გაუცნობიერებელი მომხმარებლური მიდგომით, კაცობრიობა დიდ ზიანს აყენებს ყველაფერს თავის გარშემო: იცვლება კლიმატი, წყლისა და ატმოსფეროს ქიმიური მდგომარეობა, ითრგუნება და ქრება მცენარეთა და ცხოველთა სახეობები, მრავლდებიან მავნებლები და პარაზიტები.

ანთროპოგენული დაბინძურება ახალი ეკოლოგიური პრობლემა არაა: ჯერ კიდევ 600 წლის წინ, ქვანახშირის ინტენსიური მოხმარების შედეგად ლონდონის ცა კვამლის სქელი ფენით დაიფარა. დღეს მეგაპოლისების ცაზე სმოგი (მოყავისფრო-მოყვითალო ან მეწამული ფერის ნახევრად გამჭვირვალე ნისლი) უკვე ჩვეული მოვლენაა.



გასულმა საუკუნემ ცხადყო, რომ განვითარების რაც უფრო მაღალ საფეხურზე იმყოფება საზოგადოება, მით უფრო მძიმეა მისი ეკოლოგიური მდგომარეობა: ინდუსტრიალიზაციისა და ურბანიზაციის არნახული მასშტაბები, ნავთობპროდუქტების მოხმარების არაპროგნოზირებადი ტემპი, სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და სამხედრო მოქმედებების შედეგები გლობალური დაბინძურების მიზეზად იქცა დედამიწაზე. ცივილიზაციის მანძილზე სინთეზურად შეიქმნა ბუნებისთვის უცხო, ტოქსიკური ნაერთების მთელი სპექტრი. ჯერ კიდევ გასული საუკუნის შუა წლებში მეცნიერებმა დაადგინეს ცოცხალ ორგანიზმებში უცხო ნაერთების მუდმივად არსებობის ფაქტი და მაშინვე განმარტეს, რომ ამ

ნივთიერებებს ორგანიზმი ვერ იყენებს ვერც ენერჯის წყაროდ და ვერც - საკუთარი სტრუქტურების ასაშენებლად. მათ ქსენობიოტიკები უწოდეს (ბერძ. „ქსენო“-უცხო; „ბიო“ - ცოცხალი). ამრიგად, ქსენობიოტიკად ითვლება ის ნაერთი, რომელიც თავისი ქიმიური სტრუქტურითა და ბიოლოგიური თვისებებით უცხოა ბიოსფეროსათვის და მიღებულია მხოლოდ და მხოლოდ ქიმიური სინთეზის გზით. ასეთი ნაერთები ხშირად მაღალი ტოქსიკურობით გამოირჩევა და პრობლემურ პოლუტანტებს (დამაბინძურებლებს) წარმოადგენს.

ანთროპოგენული წარმოშობის ეს ნაერთები და მათი გარდაქმნების შუალედური პროდუქტები სხვადასხვა გზით, კოლოსალური რაოდენობით კონცენტრირდება ბიოსფეროს ცალკეულ ნიშებში და ეკოსისტემების დეგრადაციას იწვევს. ამასთან, ცალკეული რეგიონების ბუნებრივ კომპლექსებში გაჩნდა ეკოლოგიური წონასწორობის შეუქცევადი დარღვევის რეალური საფრთხე. ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის განმარტებით, თუ ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობის შედეგად ეკოსისტემის შედგენილობა იმდენად შეიცვლება, რომ ის ნაკლებად ხელსაყრელი გახდება ცოცხალი ორგანიზმების არსებობისთვის, ეს ეკოსისტემა დაბინძურებულად უნდა ჩაითვალოს.

ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყნებში წარმოქმნილი ანთროპოგენული წარმოშობის დამაბინძურებლები ჰაერისა და წყლის მასების ცირკულაციის შედეგად ვრცელდება მთელ დედამიწაზე და აღწევს ოკეანეების სიღრმეებსა და სტრატოსფეროს. ამის შედეგად, დღეს უკვე დაბინძურებულია სიცოცხლის საარსებო სამივე ნიშა - ნიადაგი, წყალი და ჰაერი. შესაბამისად, **დაბინძურების პრობლემა გლობალურია და ვერ მოგვარდება ერთი ან რამდენიმე ქვეყნის მასშტაბით.**

გარემოს დამაბინძურებლების კატეგორიები

წარმომავლობის მიხედვით გარემოს დამაბინძურებლებს არაორგანულ და ორგანულ ტოქსიკანტებად (ე.წ. ქსენობიოტიკებად) ყოფენ.

ორგანული ტოქსიკანტების ჯგუფში გაერთიანებულია:

- 1) არომატული ნახშირწყალბადები - ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები
- 2) პესტიციდები
- 3) ქლორორგანული ტოქსიკანტები
- 4) ფეთქებადი ნიტრო-ნაერთები
- 5) ზედაპირულად აქტიური ნაერთები ე.წ. ზან-ი (ტენზიდები და დეტერგენტები)

გარემოს არაორგანულ დამბინძურებლებს შორის, შეიძლება, გამოვყოთ ორი ჯგუფი:

- 1) აირადი ნაერთები - გოგირდის დიოქსიდი; აზოტის ოქსიდები; ნახშირჟანგი (მზუთავი გაზი) და ატმოსფეროს მეორადი დამბინძურებელი - ოზონი.
 - 2) მძიმე მეტალები- დარიშხანი; კადმიუმი; ტყვია; ვერცხლისწყალი და სხვ.
- დამბინძურებლის ტოქსიკურობის სიძლიერის მიხედვით შემუშავებულია ქიმიურ ნაერთთა შემდეგი კლასიფიკაცია:

- 1) **ზეწდმიწევნით სახიფათო ნაერთები** - აკროლენი; ბენზპირენი; დიოქსინი; პოლიქლორირებული ბიფენოლები; ლინდანი; ვერცხლისწყალი და სხვ.
- 2) **მაღალი საფრთხის შემცველი ნაერთები** - ატრაზინი; ბორი; ბრომდიქლორმეთანი; ჰექსაქლორბენზოლი; სელენი; სილიკატები, და სხვ.
- 3) **ზომიერად საშიში ნაერთები** - ალუმინი; სპილენძი; ოზონი; გოგირდოვანი აირები; ფოსფატები; ნიტრატები და სხვ.
- 4) **ნაკლებად საშიში ნივთიერებები** - გოგირდწყალბადი; სიმაზინი; სულფატები; ქლორიდები და სხვ.

ზოგადად, ტოქსიკური ნაერთის სტაბილურობა -ე.წ. პერსისტენტულობა განისაზღვრება დროის იმ პერიოდით, რომლის განმავლობაშიც გარდაიქმნება ტოქსიკანტის 95%.

ადვილი მისახვედრია, რომ რაც უფრო მდგრადია ტოქსიკანტი, მით სახიფათოა მისი მოხვედრა ბიოსფეროში.

ფიზიკო-ქიმიური მახასიათებლებით ძლიერ პერსისტენტულ ორგანულ გამაჭუჭყიანებლებს (პოგ-ს) მიეკუთვნება:

- 1) დიოქსინები, პოლიქლორირებული ბიფენოლები (პბფ), ქლორორგანული პესტიციდების უმრავლესობა (ალდრინი, დიელდრინი, ენდრინი, ქლორდანი, ლინდანი, ჰექტაქლორი, მირექსი, ტოქსაფენი, დდტ, და სხვ.)
- 2) პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები (პან).

აღსანიშნავია, რომ სხვადასხვა ტოქსიკანტს გარდაქმნის ინდივიდუალური პერიოდი ახასიათებს. მაგ. ნიადაგში დიოქსინების 95%-იანი დაშლის პერიოდი 14-15 წელს შეადგენს, პგბ-სთვის 10-12 წელს, დდტ-სთვის- 4 წელს, ჰექტაქლორისთვის - 3.5 წელს, ლინდანისთვის - 3 წელს და ა.შ. ფართოდ გავრცელებული სიმტრიაზინული პესტიციდები (სიმაზინი, ტრიაზინი, პრომეტრინი) ნიადაგში 2 წელზე მეტ ხანს ძლებს. კარბამიტები - რამდენიმე წლიდან ერთ წლამდე, ხოლო ფოსფორგანული ინსექტიციდები (ქლოროფოსი, მეტაფოსი) - რამდენიმე თვის მანძილზე იშლება.

როგორც ჩანს, პერსისტენტული ორგანული დამაბინძურებლების უმრავლესობა, რომლებიც, ამავე დროს, ზედმიწევნით სახიფათო ან მაღალი საფრთხის ნაერთებს წარმოადგენენ, ქლორშემცველია. ქსენობიოტიკების მდგრადობას, უმეტესად, სწორედ ეს ქიმიური ელემენტი განაპირობებს.

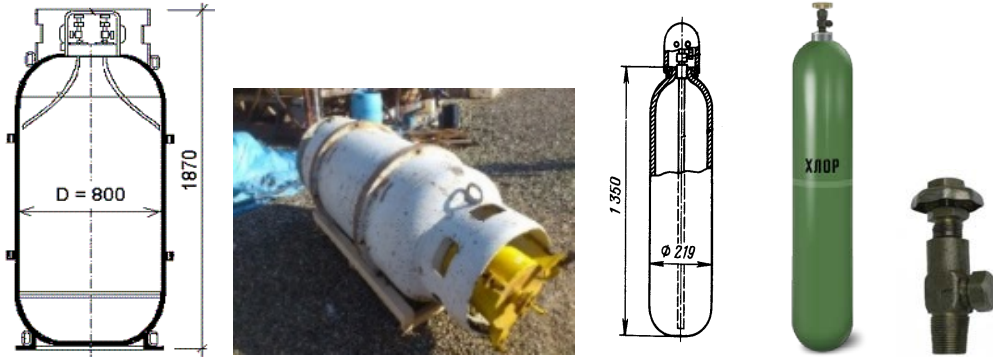
ქლორის გამოყენებას ყოველდღიურ ცხოვრებაში იმდენად მივეჩვიეთ, რომ ხშირად გვავიწყდება სიცოცხლისთვის რამდენად სახიფათო თვისებებს ფლობს ეს ჰალოგენი და რა მძიმე შედეგებით, შეიძლება, დასრულდეს ქლორის მომხმარებელი წარმოების ტექნიკური გაუმართაობით ან-უსაფრთხოების ნორმების დაუცველობით გამოწვეული ავარიები. სამწუხაროდ, საყოფაცხოვრებო ნაგავშიც უხვად მოიპოვება ქლორშემცველი მასალები, რომელთა წვის პროდუქტს კანცეროგენური ნაერთები (დიოქსინები) წარმოადგენს. გასათვალისწინებელია, რომ სიცოცხლეს საფრთხეს უქმნის შემთხვევითი კონტაქტი უმეტესად ლუკუროდ მიტოვებულ, ვადაგასულ, ქლორით სავსე კონტეინერებთან და ბალონებთანაც. საქართველოს სხვადასხვა ტერიტორიაზე გაბნეული, ამგვარი რეზერვუარების მონიტორინგი, რომელიც განხორციელდა პროექტ „დავასუფთავოთ საქართველო-ფაზა III“-ის ფარგლებში, ძალზედ არასახარბიელო რეალობაზე მეტყველებს, ამიტომ, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია მოსახლეობის ინფორმირება იმის თაობაზე, თუ რას წარმოადგენს ეს ელემენტი და რა საფრთხეს ატარებს. როგორ ვიცნოთ ქლორით სავსე, ვადაგასული ბალონები და კონტეინერები და როგორ მოვიქცეთ შემთხვევით მათი აღმოჩენისას?



საწარმოებიდან მომხმარებელ პუნქტამდე ქლორის გადაზიდვა-ტრანსპორტირება მიმდინარეობს სპეციალური კონტეინერებით, სარკინიგზო ცისტერნებით ან ბალონებით, რომლებიც, ამავე დროს, მის დროებით საცავსაც წარმოადგენს.

ქლორის კონტეინერი მონაცრისფრო-ვერცხლისფერი ფოლადის ჭურჭელია, სიმაღლით, დაახლოებით 2მ, დიამეტრით - 0.8მ. მისი მოცულობა 800-900ლ-მდეა. კონტეინერის თავზე განთავსებულია ფოლადის ორი ონკანი. რაც შეეხება, ქლორის ბალონს, ის ასევე ფოლადის ჭურჭელს წარმოადგენს, რომელიც შეიძლება, იყოს მუქი მწვანე, მუქი ყვითელი, ან ხაკისფერი, სიმაღლით 1.5მ, დიამეტრით - 0.25მ, მოცულობით - 50ლ. ქლორის ბალონს, როგორც წესი, კორპუსის თავზე აქვს ფოლადის ონკანი სახელური და არ გააჩნია საყრდენი (წყალბადის ბალონისგან განსხვავებით, რომელიც გამოირჩევა კორპუსის თავზე ფერადი ლითონის ონკანის არსებობით).

ქლორის ორივე ტიპის რეზერვუარს (ბალონს და კონტეინერს) კორპუსზე შეიძლება, ჰქონდეს მწვანე, ჰორიზონტალური ზოლი და შავი ასოებით ეწეროს „XJOP“.



საქართველოს სხვადასხვა ტერიტორიაზე გაბნეული ქლორის ბალონები და კონტეინერები, მეტწილად წარმოებულია სსრკ-ში, ხანდაზმულობის გამო ისინი დაჟანგულია და მათი თავდაპირველი ფერის დადგენა, პრაქტიკულად, შეუძლებელია. შესაბამისად, მათი ამოცნობაც გართულებულია. არც თუ იშვიათად, ვადაგასული რეზერვუარების ჰერმეტიზაცია დარღვეულია. ისინი ზოგჯერ მიწაში „უსაფრთხოდაა“ ლოკალიზებული და „სუსტად“ ჟონავს. ასეთი რეზერვუარები რომ ნამდვილ ქიმიურ იარაღად შეიძლება იქცეს გაუთვინობიერებელი ადამიანის ხელში, არაერთი ფაქტით დასტურდება. მოვიყვანთ ერთ კერძო შემთხვევას: 2011 წელს, რუსეთში, ქ. პერმში, ფერადი ლითონების მიმღებ პუნქტში ჩააბარეს გაურკვეველი წარმოშობის „ნაპოვნი“ ბალონი, რომლის გახსნისას მოხდა ქლორის მყისიერი გაფრქვევა. შედეგად, 29 ადამიანმა მიიღო მძიმე ინტოქსიკაცია. ცხადია, ისინი არ იყვნენ ინფორმირებული იმის თაობაზე, რომ ჰერმეტიზაციის დარღვევისას, თხევადი ქლორით სავსე ერთი ბალონი ექვივალენტურია 150მ–დან 1კმ–მდე მოქმედების რადიუსის მქონე ჩართულ მექანიზმიანი ბომბის, რადგან რეზერვუარის ჰერმეტიზაციის დარღვევის შემთხვევაში ქლორი ლეტალურ (სასიკვდილო) დოზაზე გაცილებით მაღალი კონცენტრაციით მყისიერად გამოიტყორცნება ჰაერში!

ქლორის გამოყენება

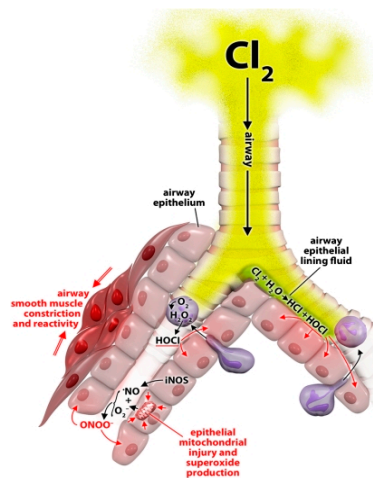
წარმოების მასშტაბებისა და გამოყენების სფეროების მიხედვით ქლორი ქიმიური მრეწველობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პროდუქტია. მსოფლიოში ყოველწლიურად მოხმარებული ქლორის რაოდენობა 40 მლნ. ტონას შეადგენს. მას საკმაოდ იაფი მეთოდით ღებულობენ ბუნებრივი სუფრის მარილიდან : 1ტონა ქლორის მისაღებად საჭიროა 1,7ტ. ნატრიუმის ქლორიდი.

სასარგებლო თვისებების წყალობით, დღეს ქლორი ფართოდ გამოიყენება მრეწველობის მრავალ დარგში: საღებავების, რეზინისა და ასაფეთქებელი ნივთიერებების წარმოებაში; თხევადი ქლორი გამოიყენება, როგორც მათეთრებელი საშუალება. ქლორს იყენებენ პლასტიკატების, პოლივინილქლორიდებისა და სინთეზური კაუჩუკის წარმოებაში. მრეწველობის ამ პროდუქტისგან მზადდება ფანჯრის პროფილი, საიზოლაციო და შესაფუთი მასალები, ლინოლეუმი, სამშენებლო მასალები, ლაქები, ტანსაცმელი, სათამაშოები, და სხვადასხვა აპარატურა. ქიმიურ მრეწველობაში ქლორი გამოიყენება ქლორიანი კირის, მარილმჟავას, ბერთოლეს მარილის, საწამლავების, სასუქების, მედიკამენტების მისაღებად. მეტალურგიაში მას იყენებენ ტიტანისა და გლიცერინის სუფთა შენადნობების დასამზადებლად, ასევე, ისეთი ცნობილი ქლორირებული ნაერთის მისაღებად,

როგორც ფრენია. ქლორი საკვებ დანამატადაც გამოიყენება კვების მრეწველობაში და რაც მთავარია, ის გამოიყენება სასმელი წყლის სადუზინფექციოდ. ერთი სიტყვით, ქლორი ფლობს უამრავ სასარგებლო თვისებას და აბსოლუტურად უნივერსალურ ნივთიერებას წარმოადგენს. ქლორის გამოყენების სწორედ ეს ფართო მასშტაბები განაპირობებს ავარიული სიტუაციების შექმნის მაღალ ალბათობას, ხოლო ატმოსფეროში ქლორის გაფრქვევის თანმხლები მოვლენების განსაკუთრებული სიმძიმე განპირობებულია თავად ამ ელემენტის ფიზიკო-ქიმიური და ტოქსიკური თვისებებით.

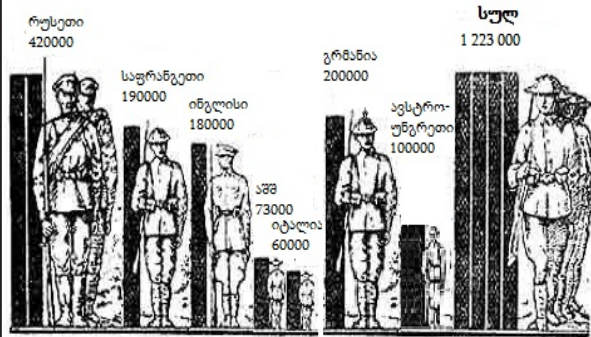
ქლორის სახიფათო თვისებები

ქლორი ქიმიურად ძალზედ აქტიური არამეტალია. ნორმალურ პირობებში ის მომწვანო-მოყვითალო ფერის, მძაფრი სუნის მქონე გაზია. სასუნთქ სისტემაში მოხვედრისას ქლორი წვავს ფილტვის ქსოვილს და იწვევს ხუთვას.



ტოქსიკური თვისების წყალობით, ქლორი ისტორიაში შევიდა, როგორც საომარი მიზნებისთვის გამოყენებული პირველი ქიმიური იარაღი.

1915 წელს ქ. იპრთან, გერმანიის მიერ განხორციელდა შეტევა გაზით: ერთდროულად გახსნეს ქლორის 6000 ბალონი, რის შედეგადაც 5 წუთში წარმოიქმნა 180 ტ. მომწამლავი, მოყვითალო -მომწვანო ფერის ღრუბელი, რამაც სრულიად განაიარაღა მოწინააღმდეგე. ეს იყო ჰააგის 1907 წლის, ქიმიური იარაღის გამოუყენებლობის შესახებ კონვენციის პირველი დარღვევა. შეტევა გამოგნებული შედეგით დასრულდა: მოიწამლა 15000 ადამიანი, მათ შორის - 5000 სასიკვდილოდ. ორი წლის შემდეგ, 1917 წელს, იპრთან ისევ განმეორდა სამწუხარო ისტორია: ამჯერად ქიმიურ იარაღად გამოყენებული იქნა ქლორის ნაწარმი - დიქლორდიეთილსუფიდი, რომელსაც შემდგომში იპრიტი ეწოდა. იმ პერიოდიდან მოყოლებული, დღემდე ქლორის მომწამლავი ნაერთები თანამედროვე ქიმიური იარაღის არსენალის რიგებში რჩება.



მაგალითად, ქლორპიკრინი, იგივე ტრიქლორნიტრომეთანი (pikros ბერძნ. მწარე) — ძლიერ მომწამლავი ლაკრიმატორი (ცრემლმდენი), წარმოადგენს მწვავე სუნის, უფერო, ზეთისებრ სითხეს; აღიზიანებს ბრონქებს, იწვევს ფილტვების შეშუპებას, აზიანებს ადამიანის ცენტრალურ ნერვულ სისტემასა და კანს. ქლორპიკრინს, ძირითადად, პესტიციდად იყენებენ. სამხედრო მიზნით ქლორპიკრინი პირველად 1915 წელს გამოიყენა რუსეთის არმიამ, პირველ მსოფლიო ომში; მოგვიანებით კი - გერმანიის არმიამ 1916 წელს. მისი სამხედრო ვარიანტის სახელწოდებაა „სიენსი“ (CNS) ქლორპიკრინი უახლეს ისტორიაშიც არაერთხელ გამოუყენებიათ: 1989 წლის 9 აპრილს, საბჭოთა არმიის ნაწილებმა ეს ნაერთი გამოიყენა თბილისში, რამაც ასობით უდანაშაულო ადამიანის ძლიერი მოწამვლა, დაინვალიდება და სიკვდილი გამოიწვია. მოგვიანებით, 2002 წელს, რუსებმა „ნორდ-ოსტის“ სპეც-ოპერაციის დროს გამოიყენეს იმავე ტიპის გაზი, რაც - თბილისში რუსთაველის გამზირზე 1989 წელს.

საოკუპაციო ჯარების გასვლის შემდეგ, საქართველოში, ყოფილ სამხედრო ბაზებზე და სხვადასხვა რეგიონებში დიდი რაოდენობით დარჩა სხვადასხვა ტიპის სახიფათო ქიმიური ნივთიერება. ოფიციალური ინფორმაციით, მათი დიდი ნაწილი აღწერილია და განადგურებული (მათ შორის 5 ტონამდე ძლიერ ტოქსიკური ქლორპიკრინი). თუმცა პროექტ „დავასუფთავოთ საქართველო-ფაზა III-ის“ მიერ ამ მიმართულებით განხორციელებული მონიტორინგი ცხადყოფს, რომ ვადაგასული სამხედრო მასალის მოძიებისა და განადგურებების ღონისძიებებს დასრულებულს ნამდვილად ვერ ვუწოდებთ: დღეს, როდესაც მსოფლიოში მკაცრად იკრძალება ქლორპიკრინის გამოყენება ადამიანების წინააღმდეგ და ის შეტანილია მასობრივი განადგურების იარაღების ნუსხაში, ამ ნაერთით სავსე ვადაგასული ნარჩენი (პროექტის ფარგლებში) აღმოჩენილია თბილისთან ძალიან ახლოს და სამწუხაროდ, - საქართველოს სხვა რეგიონშიც.



რაც შეეხება ქლორს, ის 1,5-ჯერ მძიმეა წყალზე და 2,5-ჯერ ჰაერზე. გამორჩეული ქიმიური მახასიათებელი - მისი ფეთქებადობა და ორგანული მასალების ადვილად აალებადობაა. ქლორის ოქსიდები არასტაბილურია, აფეთქებისას იშლება და ძლიერ მჟანგავს წარმოადგენს. ქლორი, გოგირდმჟავის გარდა, პრაქტიკულად, ყველა სითხესთან შედის რეაქციაში, ამიტომ მისი გადატუმბვისას ტუმბოებში მზეთავ საცხად გოგირდმჟავას იყენებენ.

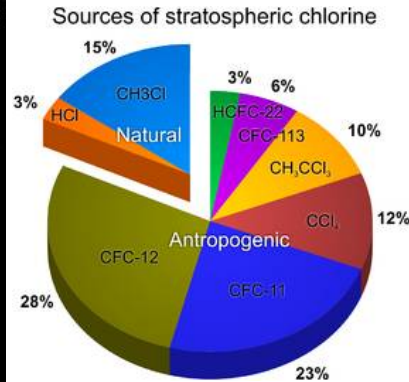
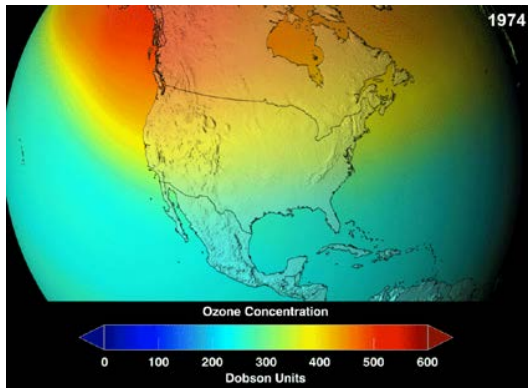
უსაფრთხო შენახვის მიზნით, ქლორზე დაბალ ტემპერატურაზე (-34 °C-ზე) მოქმედებენ მაღალი წნევით, რის შემდეგაც ის გადადის თხევად მდგომარეობაში და იღებს ქარვისფერს. ამ ზომებს თუ არ დავიცავთ, ოთახის ტემპერატურაზე ქლორი მოყვითალო-მომწვანო ფერის, მძაფრი სუნის აქროლად გაზად გადაიქცევა. 1კგ. თხევადი ქლორი აორთქლებისას 315ლ გაზისებრ ქლორს იძლევა. **ქლორი უკიდურესად საშიში ხდება გაზისებრ მდგომარეობაში!** მისი ავარიული გავრცელების შემთხვევაში, დედამიწის ზედაპირთან იქმნება აირის სტაბილური ღრუბელი.

20°C ტემპერატურაზე, წყლის ერთ მოცულობაში 2.3 მოცულობა ქლორი იხსნება. მისი წყალხსნარები მოყვითალო ფერისაა, დროთა განმავლობაში, (განსაკუთრებით- სინათლეზე) თანდათან უფერულდება, რადგან ქლორი რეაქციაში შედის წყალთან და მიიღება მარილმჟავა და ქვექლოროვანი მჟავა. **ამდენად, ქლორს საკმაოდ მაღალი საფრთხის შექმნა შეუძალია წყალსატევებში (განსაკუთრებით არაგამდინარე წყლებში).**

ქლორს დამანგრეველი მოქმედება აქვს ლითონისგან დამზადებულ კონსტრუქციებზეც!

ამ ჰალოგენით გამოწვეული კოროზია და აფეთქების ალბათობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული იმაზე, „სველია“ თუ- „მშრალი“ ქლორის შემცველი მასალა. მაღალი ტენიანობის შემთხვევაში კოროზიის პროცესი უფრო აქტიურად მიმდინარეობს, ხოლო აფეთქების ალბათობა მით მაღალია, რაც უფრო „მშრალ“ ქლორთან გვაქვს საქმე.

ცნობილია, რომ ოზონის ეკრანის მთავარი მტერი ქლორისშემცველი ნაერთებია (ქლორ-ფტორ-ორგანული ნაერთები). ეს აქროლადი ნივთიერებები თხევადი მდგომარეობიდან აირადში გადასვლისას დიდი რაოდენობით კარგავს სითბოს და ადვილად ცივდება. ამ თვისების წყალობით, ისინი, პრაქტიკულად, ყველა სახის მაცივრებსა და კონდენციონერების წარმოებაში გამოიყენება. მათ ასევე ხმარობენ სხვადასხვა სახის აეროზოლიანი ბალონების წარმოებასა და კომპიუტერების მიკროსქემების გასაწმენდად, რის შედეგადაც ქლორ-ფტორ-ორგანული ნაერთები ატმოსფეროში ხვდება. ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებით, ამ ნაერთებიდან გამოიყოფა ქლორი, რომელიც კატალიზატორით მოქმედებს ოზონზე: **ერთ ატომ ქლორს ათასობით ოზონის მოლეკულის დაშლა შეუძლია!**



1985 წლის ვენის კონვენციით, ხსენებული ტიპის ყველაზე აგრესიული ნაერთი უკვე ამოღებულია ხმარებიდან, მაგრამ ატმოსფეროდან მათ „ გაქრობას“ კიდევ დიდი დრო დასჭირდება, რადგან ისინი ძალიან მდგრადია და ნელა იშლება.

ქლორის გაჟონვის ავარიები

ექსპერტების მონაცემებით, ატმოსფეროში ქლორის გაჟონვის ძირითად წყაროს მრეწველობის გამონაბოლქვი ქმნის. გაჟონვის პრევენციის მიზნით, ქლორის მომხმარებელი ტექნოლოგიური სისტემები, როგორც წესი, დახურული პრინციპით მუშაობს, დადგენილი ნორმების მკაცრი დაცვით. მიუხედავად ამისა, ატმოსფეროში ქლორის გაფრქვევა ერთეულ შემთხვევებს არ წარმოადგენს. ავარიების უმთავრეს მიზეზს მიეკუთვნება ქლორის წარმოების აღჭურვილობის ტექნიკური გაუმართაობა, საწარმოო პერსონალის მომზადების დაბალი დონე, რეზერვუარების ტრანსპორტირებისა და შენახვის უსაფრთხოების ნორმების დარღვევა. ქლორის გაჟონვა შეიძლება, გამოიწვიოს ვადაგასული ბალონებისა და ცისტერნების განთავსების წესების დაუცველობამ და სტიქიურმა მოვლენებმა. რა მიზეზითაც არ უნდა მოხდეს ქლორის გაფრქვევა, მას ყოველთვის თან ახლავს არაკონტროლირებადი მოვლენების განვითარების მთელი ჯაჭვი, რასაც ადასტურებს სხვადასხვა დროს, მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში მომხდარი ავარიების სტატისტიკური ანალიზი: 1966წ. გორკში– ქლორის ჩამოსხმის სადგურზე, მილის გახეთქვის შედეგად 4500 ადამიანი მოიწამლა და 1 გარდაიცვალა. 1976 წელს, სევეზოში (იტალია), ერთ–ერთ რეაქტორში წნევის არაკონტროლირებადმა გაზრდამ ტრიქლორფენოლის ჭავლის გამოტყორცნა გამოიწვია, რის შედეგადაც 1 000 ადამიანი სერიოზულად დაშავდა. 2011 წელს არკანზასის შტატში (აშშ), ქ. სპრინგდეილში, ხორცის მწარმოებელ უმსხვილეს კომპანიაში (Tyson Foods) ქლორის ორთქლით მოიწამლა 173 ადამიანი. 2012წ ქ. ბრიულში (გერმანია), უსაფრთხოების აღჭურვილობის მწარმოებელი ქარხნიდან, ატმოსფეროში გავრცელდა ქლორის ღრუბელი. შედეგად, 39 ადამიანი დაშავდა, ტერიტორიიდან მოხდა 300 კაცის ევაკუაცია. 2011 წელს, გერმანიაში, ლიანდაგიდან გადავარდა სატვირთო მატარებელი, რომელსაც კიოლინიდან იტალიაში გადაჰქონდა ნატრიუმის ქლორაქეტატი და სხვადასხვა ქიმიკატები. ავარიიდან 500მ რადიუსში საჭირო გახდა მოსახლეობის სრული ევაკუაცია. 2012 წელს, ლისინთან (ჩინეთში) ავტოცისტერნის ავარიის შედეგად გზატკეცილზე დაიღვარა 24ტონა ტოქსიკური ნივთიერება (შეკუმშული გაზი), რასაც 1000–მდე ადამიანის ევაკუაცია დასჭირდა. 1983 წელს აშშ–ის მთავრობას დიოქსინებით დაბინძურებული ტერიტორიიდან (ტაიმს–ბიჩი)

ევაკუირებული ხალხის საცხოვრებელის კომპენსაცია 33მლნ. დოლარი დაუჯდა. 2012 წლის ქ. თბილისთან, („საქნავთის“ დასახლებაში) წყლის გამანაწილებელი კომპანიის 800 ლ-იანი რეზერვუარიდან მოხდა ქლორის გაჟონვა. მოიწამლა ავარიის სიახლოვეს მყოფი ხალხი.

ქლორის გაჟონვის შედეგად ადამიანთა ინტოქსიკაცია, შეიძლება, ისეთ უსაფრთხო ადგილზეც მოხდეს, როგორცაა- აქვაპარკები და საცურაო აუზები: 2011წელს, ქ. მარკტ-ინდერსდორფში (ბავარია), საცურაო აუზზე ქლორირების სისტემის ტექნიკური გაუმართაობის მიზეზით მოხდა ქლორის მყისიერი გაფრქვევა. ინტოქსიკაცია მიიღო 17 ადამიანი.

ქლორის გაჟონვის მსგავსი შემთხვევა მოხდა აშშ-ს, ქ. საკრამენტოს აქვაპარკში, სადაც ტუმბოს ტექნიკური გაუმართაობის მიზეზით გაჟონა ქლორმა. ინტოქსიკაცია მიიღეს ტერიტორიაზე მყოფმა ბავშვებმა და ზრდასრულმა ადამიანებმა.

ქლორის გაჟონვის ავარიების შედეგების ანალიზი ცხადყოფს, რომ ბიოსფეროში ყოველთვის იქმნება ავარიული ქიმიური მდგომარეობა. ამგვარი ავარიების შედეგი და ხარისხი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ატმოსფეროში გაფრქვეული ქლორის რაოდენობასა და მეტეოროლოგიურ პირობებზე. აღსანიშნავია, რომ ჰაერში ქლორის მაქსიმალური კონცენტრაცია, რომელიც ძალზედ საშიშია სიცოცხლისთვის, გაჟონვის პირველ საათებში შეიძინება. **სამწუხაროდ, ადამიანი გარემოში ქლორის არსებობას მხოლოდ მაშინ შეიგრძნობს, როდესაც მისი დოზა დასაშვებს გაცილებით აჭარბებს.**

ავარიული ზონებიდან ქიმიური ინტოქსიკაციის გავრცელების მასშტაბი ზოგჯერ ათეულობით კილომეტრს მოიცავს. ქლორის ქიმიური თვისებებიდან გამომდინარე, მის გაფრქვევას თან ახლავს აფეთქებისა და აალების საშიშროება. ატმოსფეროში მოხვედრისას ქლორი ბოლავს და მიიწევს ქვემოთ, მიწის ზედაპირისკენ, რადგან ის ჰაერზე მძიმეა.

საკაერო სივრცე, ნიადაგი, წყლის წყაროები და ავარიის ადგილზე მცხოვრები ბიოტა (ცოცხალი ორგანიზმები) თანაბრად განიცდის ქლორის მავნე ზემოქმედებას. მომწამლავია მისი ნებისმიერი ფორმა –გაზისებრი, წვეთოვანი და მყარი. გაზისებრი მდგომარეობაში ქლორი ცოცხალი ორგანიზმების პირდაპირ ინტოქსიკაციას იწვევს, თუმცა, მოწამვლა, შეიძლება, მოხდეს არაპირდაპირი გზითაც, მისი აორთქლებით დაბინძურებული საგნებიდან, ან სულაც-წვიმის ნალექით. განსაკუთრებით საშიშია არაგამდინარე წყლების დაბინძურება, სადაც ქლორი სახიფათო კონცენტრაციით, შეიძლება რამოდენიმე საათიდან ორ თვემდე შენარჩუნდეს.

ქლორით ინტოქსიკაცია

ქლორი ერთ-ერთი ძირითადი და აუცილებელი ბიოგენური ელემენტია. ზომის სიმცირის გამო მისი იონი იოლად აღწევს ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედებში და მონაწილეობს მნიშვნელოვან სასიცოცხლო პროცესებში. ამრიგად, დასაშვები კონცენტრაციით ქლორის არსებობა ჩვენს ცხოვრებაში საჭიროა და სრულიად უსაფრთხოა.

ექსპერტების მონაცემებით, დასახლებული პუნქტების ჰაერში ქლორის დასაშვები საშუალო დღიური დოზა 0,03მგ/მ³ -ია; ერთჯერადად დასაშვები მაქსიმალური დოზა- 0,1 მგ/მ³, საწარმოო დაწესებულების ზონის ჰაერში დასაშვები დოზა-1 მგ/მ³. ქლორის სუნის აღქმის ზღვარი 2 მგ/მ³-იდან იწყება. უფრო მაღალი

კონცენტრაციის პირობებში რისკის ქვეშ აღმოჩნდება არამხოლოდ ჩვენი ჯანმრთელობა, არამედ-სიცოცხლეც!

ჰაერში ქლორის 3-6 მგ/მ³ კონცენტრაციაზე უკვე შეიგრძნობა გამოხატული სუნი, თვალის და ცხვირის ლორწოვანას გაღიზიანება; 90 მგ/მ³-დან იწყება ინტენსიური ხველა. ქლორის 120 – 180 მგ/მ³ კონცენტრაციის პირობებში ნახევარი საათიც კი საკმარისია, რომ სიცოცხლეს სერიოზული საფრთხე დაემუქროს. ქლორის 300 მგ/მ³ უკვე ლეტალური დოზაა. უფრო მაღალი რაოდენობის - 2500 მგ/მ³ ზემოქმედებით 5 წთ-ში დალუპვა გარდუვალია, ხოლო ქლორის 3000 მგ/მ³ კონცენტრაციის რამოდენიმე ჩასუნთქვაც კი მყისიერ სიკვდილს იწვევს.

კონცენტრაციაზე დამოკიდებულებით განასხვავებენ ქლორით ინტოქსიკაციის 4 ხარისხს:

1) მსუბუქი მოწამვლა - გამოიხატება სასუნთქი სისტემისა და ლორწოვანი გარსების გაღიზიანებით, ჩასუნთქვისას ქლორის სუნის შეგრძნებით, დამახასიათებელია ხველა და ცრემლდენა; ამ სიმპტომების გამოვლენისას აუცილებლობას არ წარმოადგენს მკურნალობის რაიმე ზომების მიღება, რადგან რამოდენიმე საათში ისინი თავად ალაგდება.

2) საშუალო მოწამვლა - გამძლელებული სუნთქვა (ზოგჯერ ხუთვამდე), ცრამლდენა და ტკივილი გულის არეში. სისხლში მკვეთრად იმატებს ლეიკოციტების დონე, იზრდება სხეულის ტემპერატურა, აღინიშნება დეპრესიული ფონი და ჩნდება ბრონქოპნევმონიის განვითარების რისკი. აღნიშნული სიმპტომების გამოვლენისას აუცილებელია ზომების დროული მიღება და ამბულატორიული მკურნალობა, რადგან 2-5 სთ-ის შემდეგ ფილტვებში განვითარდება ტოქსიკური სისხლჩაქცევები.

3) მძიმე მოწამვლა - რომლის დამახასიათებელი სიმპტომებია: კუნთების კრუნჩხვა, სუნთქვის უეცარი შეჩერება და გონების დაკარგვა.

ქლორის ზემოქმედების შორს წასულ ფორმებს წარმოადგენს ზემო-სასუნთქი გზების კატარი, რეციდივიანი ბრონქიტი და პნევმოსკლეროზი. არსებობს ფილტვის ტუბერკულოზის პროვოცირების რისკიც. მწვავე მოწამვლის შემდეგ რჩება ქრონიკული ფარინგიტი, ლარინგიტი, გულისა და ფილტვის უკმარისობა. ვითარდება ემფიზემა და ბრონქოსპაზმი. ამ ტიპის ინტოქსიკაციის გასაწინააღმდეგებლად სასწრაფოდ ტარდება რეანიმაციული ქმედებები (ფილტვის ხელოვნური ვენტილაციის ჩათვლით), რადგან ლეტალური ეფექტის ასაცილებლად ნახევარ საათსაც კი გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს.

4) ელვისებური ინტოქსიკაცია - ვლინდება კრუნჩხვებით და კისერზე ვენების შესიებით. ამგვარი მოწამვლის განეიტრალება, პრაქტიკულად, შეუძლებელია.

საგულისხმოა, რომ აღნიშნული სიმპტომები ვითარდება იმ შემთხვევაშიც, თუ ქლორი უმნიშვნელოდ ჟონავს, მაგრამ დიდხანს ვიმყოფებით მისი ზემოქმედების ქვეშ.

ქლორის გაჟონვის ავარიის ლიკვიდაცია

ქლორის ავარიის ლიკვიდაცია ხორციელდება პროფესიულად მომზადებული, ავარიულ-სამაშველო სპეციალგულების მიერ. გადაუდებელი სამაშველო ამოცანების წარმატებით განხორციელება მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული წინასწარმომზადებული კადრების მიერ სწორი გადაწყვეტილების მიღებასა და ავარიის ლიკვიდაციის ოპერატიულობაზე. ამიტომ, ნებისმიერ განვითარებულ ქვეყანაში

სამაშველო ფორმირების მომზადებას განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა. სათანადო მომზადება ესაჭიროება, აგრეთვე, ქლორის წარმოებაში მომუშავე პერსონალს, რადგან უსაფრთხოების ნორმების დაუცველობა და არაპროფესიონალიზმი არაერთხელ გამხდარა არაკონტროლირებადი ავარიული სიტუაციების შექმნის მიზეზი.

რეკომენდაციები სამრეწველო ავარიებისა და ქლორით სავსე, ვადაგასული რეზერვუარების აღმოჩენის შემთხვევაში

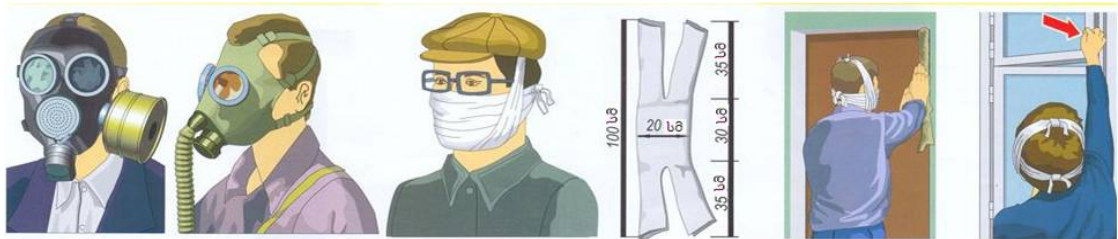
ქლორის გაფრქვევის ავარიულ სიტუაციებში აუცილებელია ოპერატიულად ჩატარდეს ქლორის ტალღის გავრცელების შეზღუდვის ღონისძიება. ლოკალიზაციის ერთ-ერთ ყველაზე ეფექტურ საშუალებას წყლის დამცავი „ფარდა“ წარმოადგენს, რომელიც იქმნება წყლის სპეციალური გამფრქვევების საშუალებით. „წყლის ფარდა“ ორ ფუნქციას ასრულებს: 1) ის წარმოადგენს მექანიკურ დამცავს, რომელიც აკავებს ქლორის ღრუბლის გავრცელებას ფარდით შემოსაზღვრულ უბანზე; 2) ზემოთ, მაღლა მიმათული, მოძრავი წყლის ნაკადი თან წარიტაცებს ქლორიანი ჰაერის ფენებს და ამ გზით აჩქარებს ჰაერში ქლორის გაფანტვა-დისპერგირებას. შედეგად, ქლორი სცილდება მიწის ზედაპირს და მისი კონცენტრაცია ღრუბელში მკვეთრად მცირდება. ამ ოპერაციის შესრულებისას უკიდურესად მნიშვნელოვანია, რომ წყალის ჭავლი არ მოხვდეს შეკუმშული ქლორის გაჟონვის ონკანს, რადგან ეს შემცირების ნაცვლად, პირიქით, ქლორის ინტენსიურ გამოფრქვევას გამოიწვევს. ეფექტური „წყლის ფარდა“ ამავე დროს, ეკოლოგიურადაც სუფთაა: სამაშველო ღონისძიების შედეგად წარმოქმნილი ჩამდინარე წყლები არ საჭიროებს ნეიტრალიზაციას, რადგან მათში ქლორის შემცველობა აღარ აღემატება დასაშვებ დოზას - 1მგ/ლ-ს. ამრიგად, წყალი პირდაპირ, შეიძლება, იქნას მიმართული საკანალიზაციო სისტემისკენ, ყოველგვარი წინასწარი გაწმენდის გარეშე.



სამრეწველო ავარიების შემთხვევაში, სპეცმომზადებული ჯგუფის მიერ სასწრაფოდ უნდა მოხდეს სახიფათო ზონის იზოლირება და ხალხის გაყვანა ქარის საწინააღმდეგო მიმართულებით. კატეგორიულად არ შეიძლება გვირაბით სარგებლობა, რადგან ქლორი ჰაერზე მძიმეა და უფრო მეტად კონცენტრირდება დაბალ ადგილებში!!!. უშუალოდ საავარიო ზონაში შესვლა შეუძლია მხოლოდ

სპეციალური მომზადების სამაშველო რაზმს. ავარიის ზონიდან 500მ-მდე რადიუსში მოქმედება დასაშვებია მხოლოდ კანის დამცავი სპეცტანსაცმლით, ხოლო მოწამლული ზონიდან 500მ-ით დაშორებულ ტერიტორიაზე ასეთი ეკიპირება საჭირო აღარაა, რადგან ქლორის კონცენტრაცია ასეთ ადგილზე მკვეთრად შემცირებულია.

იმ შემთხვევაში, თუ ავარიის ზონიდან გამოსვლა ვერ ხერხდება, რეკომენდებულია შენობაში დარჩენა, თან, რაც შეიძლება მაღალ სართულზე. შეძლებისდაგვარად უნდა მოხდეს ფართის ჰერმეტიზაცია: კარ-ფანჯრის მჭიდროდ დახურვა, საკვამურების, სავენტილაციო გზებისა და ნაპრალების ამოქოლვა. სახიფათო ზონიდან გამოსვლის შემდეგ ზედა, მფარავი ტანსაცმელის მოცილება და დატოვება უნდა მოხდეს პირდაპირ ქუჩაში. ინტოქსიკაციის სიმპტომების გამოვლენისას აუცილებელია სასწრაფო სამედიცინო დახმარება.



ვადაგასული, ქლორით სავსე რეზერვუარების აღმოჩენის შემთხვევაში, მათი ადგილიდან გატანა – ტრანსპორტირება შეუძლია მხოლოდ სპეციალური მომზადების ავარიულ-სამაშველო რაზმს. იმ შემთხვევაში, თუ ბალონის ან ცისტერნის ჰერმეტიზაცია დაურღვეველია, ქლორის რეზერვუარი, შეიძლება, ტრანსპორტირებულ იქნას ქვეყნის ტერიტორიაზე არსებულ ქიმიური მრეწველობის იმ ქარხანებში, რომლებიც ქლორის შემცველ სარეცხ საშუალებებს (ქლორირებულ სითხეს) ამზადებს ან-წყალმომარაგების სისტემაში დეზინფექციის მიზნით შესაძლო გამოყენებისთვის.

ქლორი და მისი „დამაგროვებელი“ მოქმედებით გამოწვეული საფრთხეები

ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში გლობალურ საფრთხეებთან ერთად „ჩასაფრებულია“ პატარა რისკების მთელი არმია. ეს ერთი შეხედვით უმნიშვნელო რისკები, ერთად აღებული, სერიოზულ საშიშროებას უქმნის არათუ თვითოეულ ჩვენგანს, არამედ- ზოგადად, კაცობრიობას. აღმოჩნდა, რომ პლანეტის მილიონობით მოსახლეზე ზემოქმედებისას, ისეთ სასარგებლო და ამავე დროს საშიშ ელემენტს, როგორც ქლორია, გარემოში და თვითოეული ჩვენთაგანის ორგანიზმში დაგროვებით ნელი, მაგრამ შეუქცევადი აღსასრული შეუძლია გამოიწვიოს.

ბოლო დროს გაჩნდა ინფორმაცია იმის თაობაზე, რომ სწორედ ქლორი და მისი პროდუქტები წარმოადგენდნენ გულ-სისხლძარღვთა უკმარისობის, ბუნებრივი აბორტებისა და ალერგიული რეაქციების სტიმულატორებს. მკვლევართა ნაწილი იმასაც ამტკიცებს, რომ ქლორთან დაკავშირებული ტოქსინები წარმოადგენენ სიმსივნეების გამომწვევ ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს „ეკოლოგიურ კანცეროგენს.“ წყალში ქლორის „შეყვანას“- წყლის ქლორირებას ისინი ადარებენ ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილ ბომბს, ჩართული, ამაფეთქებელი მექანიზმით. სიმსივნე, ათეროსკლეროზი, გულ-

სისხლმარღვთა დაავადებები, ნაადრევი დაბერება - ამ ბომბის აფეთქებით გამოწვეული შედეგების არასრული ჩამონათვალია.

რა განაპირობებს ქლორირების პროცესის ამ საფრთხეს?

ქლორის სადუზინფექციო თვისების აღმოჩენას მე- 20 საუკუნის ერთ-ერთი დიდი მიღწევა, შეიძლება, ეწოდოს. ქლორის მაქსიმალური რაოდენობა 1ლ წყალში, ევროპის სტანდარტით, 0.006გრ-დან 0.008გრ-მდეა. გამონაკლისია გერმანია, სადაც ეს დოზა 0.001გრ/ლ-მდე შეამცირეს. ასევე ფრთხილად ეკიდებიან ქლორირებას იაპონელებიც.

ქლორის, როგორც ეფექტური ბაქტერიოციდის გამოყენება, თითქმის 200 წლის წინ დაიწყო. მაშინ ვერც კი წარმოიდგენდნენ, რომ ეს იდეალურ გადაწყვეტილებას არ წარმოადგენდა. საგინოს ჰოსპიტალის დოქტორი პრაისი ქლორს ჩვენი დროის ყველაზე საშიშ მკვლელს უწოდებს: „ქლორი აღკვეთს რა ერთ დაავადებას, მაშინვე იწყებს მეორის განვითარებას.“ მას მიაჩნია, რომ სწორედ წყლის ქლორირებიდან იწყება გულის დაავადებების, სიმსივნეებისა და გონებაშეზღუდულობის „თანამედროვე ეპიდემია“.

პრაისის მონაცემებით, სიმსივნის განვითარების რისკი 93%-ით მაღალია იმ ადამიანებში, ვინც პირდაპირ ონკანიდან მიირთმევს ქლორირებულ წყალს!!!.

ქლორმა დაამარცხა ქოლერის ეპიდემია, მაგრამ წყალში არსებულ ორგანულ ნაერთებთან რეაქციაში შესვლით წარმოქმნა კანცეროგენების მთელი სპექტრი.



საქმე იმაშია, რომ წყლის გაწმენდითი ოპერაციების შემდეგ, ბუნებრივი წყალსატევებიდან ქალაქის წყალსადენში მიწოდებული წყალი სუფთა მაინც არაა. ის ერთდროულად შეიცავს ინფექციური დაავადების გამომწვევევ მიკროორგანიზმებსა და სხვადასხვა ორგანულ ნივთიერებებს.

მეგაპოლისების წყალსადენების წყალში 240-მდე ასეთი ორგანული ნაერთის აღმოჩენაა შესაძლებელი. რასაკვირველია, ასეთი წყალი სასმელად გამოუსადეგარია, ამიტომ დუზინფექციის მიზნით ტარდება ქლორირება. ზომის სიმცირის წყალობით, ეს ორგანული ნაერთები უპრობლემოდ გადიან წყლის გამწმენდ ქვიშის ფილტრს და ამ გზით ხვდებიან წყალგაყვანილობის ქსელში. ცალკე აღებული არც ქლორი და არც ორგანული ნივთიერებები ჯანმრთელობისთვის საფრთხეს არ წარმოადგენს, მაგრამ წყალში მოხვედრისას ქლორი განსაკუთრებით აქტიურდება და ამ ნაერთებს მომაკვდინებელ ტოქსინებად გარდაქმნის.

დღეს, ქლორირებულ წყალში სხვადასხვა ტოქსიკანტებთან ერთად აღმოჩენილია სიცოცხლისთვის განასაკუთრებით საშიში ნივთიერებების ორი ჯგუფი: დიოქსინები და ჰალოგენშემცველი ნაერთები. უკვე ცნობილია, რომ დიოქსინებს ჯანმრთელ უჯრედებზე მუტაგენური ზემოქმედების ეფექტი გააჩნიათ და მათ ავთვისებიან გადაგვარებას განაპირობებენ, ხოლო ჰალოგენშემცველი ნაერთები იწვევენ ორგანიზმის ნაადრევ გამოფიტვას და 15%-ით ზრდიან ონკოლოგიური დაავადებების განვითარების ალბათობას.

ჯანდაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის სტანდარტით, ჰალომეთანების ზღვრული ნორმა 1ლ სასმელ წყალში 30მგ-ს შეადგენს. ბოლო წლებში ეს ზღვარი 150მგ/ლ-ით შეცვალეს, რაც აუცილებლად გაზრდის ონკოლოგიური დაავადებების რისკს.

ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ ქლორსა და მის წარმოებულებს შეუძლიათ შარდის ბუშტის, კუჭის, ღვიძლის, სწორი და წვრილი ნაწლავების სიმსივნეების პროვოცირება; აგრეთვე, გულის დაავადებების, ათეროსკლეროზის, ანემიის განვითარება და არტერიული წნევის გაზრდა.

ქლორის, როგორც ონკოლოგიური დაავადებების გამომწვევი აგენტის მეცნიერული კვლევა ჯერ კიდევ 1947 წლიდან დაიწყო. თუმცა, პირველი დამამტკიცებელი არგუმენტები მიღებულ იქნა მოგვიანებით - 1974წელს. საუკუნის ბოლოს, კვლევის ტექნოლოგიის სრულყოფამ სასმელი წყლის მილებში ქლოროფორმის მცირე რაოდენობით არსებობა გამოავლინა. ცხოველებზე ჩატარებული ექსპერიმენტით კი დადგინდა, რომ ამ ნერთს ნამდვილად შეუძლია ღვიძლის სიმსივნის პროვოცირება. მსგავსი შედეგები იქნა მიღებული ამერიკელი მკვლევარების მიერ ქლორირებული წყლის აქტიურად მომხმარებელ ერთ-ერთი რეგიონში ონკოლოგიური დაავადებების გამოვლენის შესწავლისას. თუმცა მოგვიანებით ეს მონაცემები ეჭვქვეშ დადგა, რადგან გაირკვა, რომ ამ ექსპერიმენტებში არ იყო გათვალისწინებული გამოკვლეული რეგიონის მოსახლეობაზე მოქმედი ონკორისკის მატარებელი სხვა ფაქტორები, ექსპერიმენტული ცხოველების ორგანიზმში კი, როგორც აღმოჩნდა, შეჰყავდათ სასმელი წყლის მილებში აღმოჩენილ ქლოროფორმზე გაცილებით მაღალი დოზა.

იაპონიის ჯანმრთელობის ეროვნული ინსტიტუტისა და სიძუოკის პრეფექტურის უნივერსიტეტის ერთობლივი კვლევის მონაცემებით, ქლორირების შედეგად, წყალში რეალურად წარმოიქმნება ისეთი ნაერთები, რომლებსაც თავისუფლად შეუძლიათ სიმსივნის განვითარების პროვოცირება. ამ ნივთიერებებს „იქს მუტაგენი“ უწოდეს (MX- „უცნობი მუტაგენი“).

ფინელი მეცნიერები იმასაც კი ამტკიცებენ, რომ MX მუტაგენი 170-ჯერ უფრო სახიფათოა ქლორირების პროცესში წარმოქმნილ, ყველა გვერდით ტოქსიკურ პროდუქტზე. ისინი ექსპერიმენტულად ადასტურებენ (ვირთაგვებში) ფარისებრი ჯირკვლის სიმსივნის განვითარების შესძლებლობას აღნიშნული ნაერთის ზემოქმედებით. მოგვიანებით ცნობილი გახდა, რომ ქლორის ძალიან მცირე დოზაც საკმარისი ყოფილა ამ კანცეროგენების წარმოსაქმნელად. **სახიფათო MX მუტაგენი, თავის მხრივ, ტოქსიკურ ეფექტს ისეთი მინიმალური დოზითაც კი იწვევს, რომელის აღმოჩენა პრაქტიკულად შეუძლებელია!**

არსებობს მოსაზრება იმის თაობაზე, რომ ქლორი მცენარეულ საკვებში შემავალ იმ ძვირფას ნაერთებსაც კი უცვლის ფიტოქიმიურ თვისებებს, რომლებიც იმუნურ და ჰორმონალურ სისტემებს აძლიერებენ. აქედან გამომდინარე, მიჩნეულია, რომ ქლორი თრგუნავს იმუნურ სისტემას და ორგანიზმის ჰორმონალურ ფუნქციებს.

აშშ-ს გარემოს დაცვის საბჭომ დღეს უკვე ოფიციალურად დაადასტურა, რომ **დეზინფექციის მიზნით განხორციელებული ქლორირება ერთნაირად მავნეა როგორც ადამიანისთვის, ასევე- ცხოველებისთვის;** ქლორიან წყალს დამანგრეველი ეფექტი აქვს ბავშვებისა და ზრდასრული ადამიანების ნერვულ ქსოვილზე და უჯრედების ავთვისებიან ზრდას განაპირობებს. აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტოს აღნიშნულ დასკვნას ეთანხმება აშშ-ს ეროვნული ონკოლოგიური ინსტიტუტიც - **ონკანიდან მიღებული ქლორი შეუმჩნეველად მოქმედი ბოროტებაა!!!**



ქლორირებული წყლის გავლენით ადრეულ ასაკში შეიძლება, ისეთი დაავადებები განვითარდეს, როგორიცაა: ბრონქიტი, პნევმონია, ფენიტი, კუჭ-ნაწლავის დაავადებები და ალერგიული მოვლენები!. საცურაო აუზების გადაჭარბებული ქლორირება არაერთხელ გამხდარა ბავშვების მასიური ინტოქსიკაციის მიზეზი. დადგენილია, რომ აუზების ტერიტორიაზე წყლის ორთქლიდან სასუნთქ გზებში მოხვედრილი ქლორი, დროთა განმავლობაში ფილტვის ქსოვილის სერიოზულ დაზიანებას იწვევს.



ბრიტანელი მეცნიერების მონაცემებით, ქლორირებული წყალი ნაყოფის გულისა და ტვინის მძიმე დეფექტებს იწვევს ფეხმძიმობისას!. ეს დასკვნა გაკეთდა 400 000 ახალშობილზე დაკვირვებით. აღნიშნული კვლევის მიზანს წარმოადგენდა, დაედგინათ დამოკიდებულება ქლორირებულ სასმელ წყალსა და თანდაყოლილი დეფექტების 11 გავრცელებული ფორმას შორის. გაირკვა, რომ ქლორი და ქლორშემცველი ნაერთები 2-ჯერ ზრდის ნაყოფში შემდეგი სამი დეფექტის: 1) გულის მანკის, 2) “მგლის სასის“ და 3) ანენცეფალიის (ქალის ძვლების ნაწილობრივი ან სრული უქონლობა) განვითარების რისკს.

პოტენციურად საშიში აღმოჩნდა ქლორის არა თუ ცოცხალ ორგანიზმში შეღწევა, არამედ საფარველ სისტემასა და ლორწოვან გარსებზე მისი მოხვედრაც კი. აშშ-ს ეროვნული მეცნიერებათა აკადემიის ცნობით, 200-დან 1000-მდე ამერიკელი ყოველწლიურად იღუპება სიმსივნით, რომელიც, სავარაუდოდ, მზაპის წყლიდან ტოქსიკური ნივთიერებების შესუნთქვითაა პროვოცირებული.

ქლორირებული წყალის ზემოქმედებით კანში დეგრადირდება დამცავი ცხიმოვანი ფენა, რასაც ეპიდერმისის სიმშრალე და კანის ნაადრევი დაბერება ახლავს. არსებობს ინფორმაცია იმის თაობაზე, რომ წყლის 1სთ-იანი აბაზანა 10 ლიტრი ქლორირებული წყლის დალევის ექვივალენტურია. გვაფრთხილებენ, რომ ასევე მაღალი საფრთხის შემცველია ქლორირებული დეტერგენტებით რეცხვის პროცესში წარმოქმნილი ორთქლის შესუნთქვაც. მსგავსი მავნე ზემოქმედება აქვს ქლორირებულ წყალს სხვა ბუბუმწოვრებზე, წყლის ბიოტაზე, განსაკუთრებით- თევზებზე!

ექვგარეშეა, რომ ქლორი მნიშვნელოვნად ამცირებს ქოლერით, დიზინტერიითა და მუცლის ტიფით დაავადების რისკს, მაგრამ, როგორც აღმოჩნდა, წყალში არსებული სხვა პათოგენური ფაქტორების უზარმაზარი არმია ქლორირებით, თურმე, ბოლომდე მაინც არ ნადგურდება. ამდენად, წყლის ქლორირებას იდეალურს ნამდვილად ვერ ვუწოდებთ!

ბუნებრივია, ჩნდება კითხვები: როგორ მოვიქცეთ? არსებობს წყლის დეზინფექციის სხვა მეთოდი?

ცნობილია, რომ წყლის დეზინფექციისთვის ქლორის ალტერნატივას წარმოადგენს ფტორი და ოზონი. გაწმენდის პროცესის იდეალიზაციისთვის შეიძლება ნახშირის გამოყენებაც, მაგრამ ცენტრალიზებული წყალმომარაგებისთვის ეს მეთოდი არაპრაქტიკულია და - ძვირადღირებული. დღეს, მრავალი ქვეყანა უკვე ცდილობს, უარი თქვას ქლორირებაზე, ინტენსიურად მიმდინარეობს ალტერნატიული გზების ძიება, იყენებენ ანტიბაქტერიულ ფილტრებს, გვთავაზობენ შედარებით ეფექტურ დეზინფექციას მეთანოლით, ლითიუმის ან ნატრიუმის ჰიპოქლორიდით, მაგრამ ქლორის სიაფეს კონკურენციას ვერაფერი უწევს.

იაფ ქლორზე უარის თქმა მანამ, სანამ დაცვის სხვა კონტრ-ლონისძიება არ მოიძებნება, პერუს 1991წლის მოვლენის განმეორებას გამოიწვევს, როდესაც სიმსივნის პრევენციის მიზნით ქვეყანაში შეწყდა წყლის ქლორირება და ქოლერის ეპიდემიამაც არ დააყოვნა! წყლის ქლორირების ტექნოლოგიის რადიკალური აღკვეთა საქართველოსთვის შორეული მომავლის პერსპექტივად რჩება, რადგან ამისთვის საჭირო გახდება წყალგაყვანილობის მთლიანი სისტემის შეცვლა და ძვირადღირებული გამწმენდი მოწყობილობის დამონტაჟება. ამიტომ, ალტერნატივის გამოჩენამდე ისლა დაგვრჩენია, რომ ორი უკიდურესობიდან ნაკლებად საშიში ამოვიჩიოთ. ერთადერთი მარტივი რეკომენდაცია იმაში მდგომარეობს, რომ შესაძლებლობის ფარგლებში, მაქსიმალურად მოგერიდოთ ქლორთან კონტაქტს, კატეგორიულად არ შეიძლება წყლის დალევა პირდაპირ ონკანიდან!!! გვახსოვდეს, რომ ქლორი უძლიერესი და თითქმის უმადლესი კლასის საფრთხის შემცველი კანცეროგენული ნივთიერებაა!!!

ქლორი და მცენარეები

ქლორის შემცველობა მცენარეული ორგანიზმების მასის 0,1%-ს შეადგენს. მისი იონები მონაწილეობენ მცენარის ენერგეტიკული ცვლისა და ფოტოსინთეზის პროცესებში, აკონტროლებენ წყლის ბალანსს, კათიონების წონასწორობასა და ტრანსპორტს. ვარაუდობენ, რომ ქლორი მცენარისთვის ინფექციებისგან დამცავი „ფარის“ ფუნქციასაც ასრულებს, რადგან ხელს უშლის ნიადაგიდან ნიტრატების დიდი რაოდენობით შთანთქმას. ცნობილია, რომ აზოტის მარილების ჭარბი რაოდენობა მცენარის მავნებლების- ბაქტერიების, სოკოებისა და ვირუსების განვითარებას ასტიმულირებს. ქლორის იონების დეფიციტი გამოიხატება მცენარის ჭკნობით, პატარა და ძლიერ დატოტვილი ფესვთა სისტემით,

დამახასიათებელი მოკლე წვეროთი. ზოგი სურნელოვანი მცენარე ამ დროს სუნსაც კარგავს. ამრიგად, ქლორი მცენარეებისთვისაც სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ელემენტია. **სხვა ცოცხალი ორგანიზმების მსგავსად, მცენარეთა სამყაროც მაღალი ხარისხით განიცდის ქლორის და მისი მარილების მაღალი კონცენტრაციის მავნე ზემოქმედებას.** მცენარისთვის მისაწვდომი ქლორიდები ნიადაგში, ძირითადად, მინერალური სასუქებიდან, პესტიციდებიდან ან ლიპყინულის საწინააღმდეგოდ განხორციელებული ღონისძიებებიდან ხვდება. ავტომაგისტრალის მოყინვის პრევენციის მიზნით, ჩრდილოეთის ქვეყნებში 1 მ² მიწის ფართობზე, ჩვეულებრივ, 50–70 გრ. მარილი იხარჯება. გერმანიაში, ზამთარში, ქალაქის ქუჩის 1 მ²-ზე 0,6 -დან 2,7 კგ მარილი ხვდება, ამიტომ გასაკვირი არაა, რომ ტროტუარის ახლოს, ნახევარი მეტრის სიღრმეზე, 100 გრ მიწაზე ხშირად 0.6 გრ. მარილი მოდის. **ქლორის სიჭარბემ, თავის მხრივ, შეიძლება, ნიადაგის ქლორიდული დამლაშება გამოიწვიოს.** ფესვით შთანთქმული ქლორის მარილები გადაადგილდება ღეროსა და ფოთლებში და იქ აკუმულირდება. ამის პასუხად, მცენარე იწყებს თესლის დაცვას ქლორის შეღწევისგან.

ამ ჰალოგენის მაღალი კონცენტრაციის პირობებში ნერგები სუსტად ფესვიანდება, თესლი შეიძლება, საერთოდ არც განვითარდეს, ფოთლები ღებულობს მოყვითალო ელფერს და მცენარის ზრდა-განვითარების ტემპი მკვეთრად ფერხდება. დადგენილია, რომ ლიპყინულის წინააღმდეგ ბრძოლით გამოწვეული გზისპირა უბნების დამლაშება ძლიერ აზიანებს ხე-მცენარეებსა და ბუჩქებს, განსაკუთრებით ყლორტის წვერებს (აპიკალურ ნაწილებს), რასაც მცენარის სრულ განადგურებამდე მივყავართ. ამიტომ ნიადაგების დამლაშებისგან მცენარეების დასაცავად რეკომენდებულია ნატრიუმისა და ქლორის მიმართ მდგრადი ბუჩქებისა და ხე-მცენარეების განაშენება, ან მარილის (ნატრიუმის ქლორიდის) შერევა სხვადასხვა დანამატებთან. ექსპერიმენტულად ნაჩვენებია, რომ ნიადაგის 1მ² ფართობზე 0,75 მგ ქლორის 10წთ–იანი ზემოქმედება მნიშვნელოვნად ასუსტებს ფოტოსინთეზის პროცესს ხორბალსა და შვრიაში, რის მიზეზსაც ქლოროპლასტის სტრუქტურის დაზიანება უნდა წარმოადგენდეს. ქლორწყალბადი უარყოფითად მოქმედებს ბოლოკის, პომოდვრის, კიტრის, სტაფილოს, კარტოფილის, სამყურას, ჭვავის, ცხენის წაბლის, ისპანახის, რაფსისის და სხვა მრავალი მცენარის მოსავალზე.

მკვლევართა ერთი ჯგუფი ამტკიცებს, რომ ამ ფიტოტოქსინის მაღალი კონცენტრაციები აჩქარებს მცენარის უჯრედების დაბერების პროცესს. ქლორის ტოქსიკური ზემოქმედებით ზოგიერთ მცენარის ფოთლებზე წარმოიქმნება ნეკროზული ლაქები, ნამვისა და ფიჭვის წიწვები ღებულობს მოწითალო-მოყავისფრო ელფერს, ხმება და ცვივა. ავოკადო და ყურძენი იმდენად მგრძობიარე აღმოჩნდა ქლორის მიმართ, რომ მისმა მცირე კონცენტრაციამაც კი, შეიძლება, მოწამლოს ეს მცენარეები. სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებობს მონაცემები იმის თაობაზე, რომ ქლორის მაღალი კონცენტრაცია წაბლისა და ცაცხვის ფოთლებში იმ ორგანოიდების პიგმენტების დაშლას იწვევს, რომლებიც დედამიწას ჟანგბადითა და საკვებით ამარაგებს. ქლორიდული დამლაშებისას ზოგიერთი მცენარის უჯრედებში მცირდება ცილის სინთეზში მონაწილე ორგანოიდების - თავისუფალი რიბოსომების რაოდენობა, რაც სასიცოცხლო ნაერთების (ცილების) შემცირებას განაპირობებს. ქლორის მარილების მაღალი კონცენტრაციების ზემოქმედებით ირღვევა აზოტის წრებრუნვა, გროვდება ამიაკი და მცენარეული სამყაროსთვის ტოქსიკური სხვადასხვა ნაერთები. არანაკლებ მნიშვნელოვანია ისიც, რომ მარილების სიჭარბის პირობებში ნიადაგში არსებული წყლის მაღალი ოსმოსური პოტენციალის გამო ძნელდება მცენარის ფესვთა სისიტემის მიერ წყლისა და საკვები ელემენტების შეწოვა.

ქლორის მავნე გავლენით გამოწვეული, ყველა აღნიშნული ცვლილება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის მკვეთრ შემცირებას იწვევს. განსაკუთრებით იჩაგრება კარტოფილი და წიწიბურა.

ქლორიდებით დაზინძურებული ნიადაგების აღდგენის თანამედროვე ბიოტექნოლოგია

მსოფლიოს მოსახლეობის ზრდის არნახული ტემპი და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების დეფიციტი ცხადყოფს, რომ ბიოსფეროს პროდუქტიულობასაც თავის საზღვარი აქვს. სურსათის გლობალურ უკმარისობას ამწვავებს აგროკულტივაციისთვის გამოუყენებელი, ბუნებრივად დამლაშებული, მცირემოსავლიანი მიწების არსებობაც. ცნობილია, რომ ასეთ ბუნებრივ მლაშობებში დომინანტ მარილს ნატრიუმის ქლორიდი წარმოადგენს. ქლორიდული დამლაშებით გარემოს მძიმე დაზინძურება სტიქიურმა მოვლენებმაც, შეიძლება, გამოიწვიოს. მაგ: წყალქვეშა წარმოშობის 9-ბალიანი მიწისძვრა, რომელიც 2011წელს ოშიკას ნახევარკუნძულიდან 70 კმ-ის დაშორებით მოხდა, იაპონიის ყველაზე ძლიერ მიწისძვრად ითვლება და მსოფლიო მიწისძვრების ხუთეულში შედის. მიწისძვრამ გამოიწვია 40 მ სიმაღლის ტალღა, რომელმაც 10 კმ-ით შეადწია სანაპიროს სირღმეში. ცუნამმა დააზიანა ბირთვული რეაქტორი (ფუკუშიმა), მრავალი ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა და ნაპირზე ქვიშა-ნალექთან ერთად მარილიც მიიტანა.



რიკუმენტაკატა ცუნამის შემდეგ

რიკუმენტაკატას რეგიონში, ნიადაგის ტენიანობა 25%-ს შეადგენდა, მიწა ხასიათდებოდა მაღალი ნაყოფიერებით, ამიტომ ფერმერებს იქ თითქმის ყველა სახეობის აგროკულტურა მოჰყავდათ. ცუნამმა მთლიანად დატბორა და ნალექით დაფარა რიკუმენტაკატა. ნაშალმა ქვიშამ მარილთან ერთად მიიტანა ოკეანის ფსკერზე ხანგრძლივი დროის მანძილზე დაგროვებული ტოქსიკური ნაერთებიც. ტალღის გავლის შემდეგ, ეს ნალექი დარჩა ყველგან, სადაც დატბორვამ მიაღწია: ნიადაგში, სანაპიროსთან არსებულ ტბებში და ფერმერულ წყალსატევებში. მარილიანმა წყალმა შეცვალა მიწის ფიზიკურ მახასიათებლებიც: ნიადაგი დასკდა და ბელტებად შეიკრა. მცენარეთა სამყარო სტრესულ მდგომარეობაში აღმოჩნდა, მიწა უსარგებლო გახდა აგროკულტივაციისათვის, ქვეყნის აგრარული სექტორის წინაშე მწვავედ დადგა ნიადაგის რემედიაციის საკითხი.



მიწა დასკდა და ბელტებად შეიკრა

ცნობილია, რომ დამლაშებით დეგრადირებული ნიადაგის აღდგენის ყველაზე გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს გამოტუტვა სარწყავი წყლების გამოყენებით. ამ გზით ნიადაგიდან 25%-მდე მარილის გამოტანაა შესაძლებელი. ნიადაგში კეთდება ე.წ. „დრენაჟები“ და ამგვარი ხელოვნური არხებით მარილი გაედინება ნიადაგიდან. მეთოდის ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ ესაჭიროება ხანგრძლივი დრო, დიდი რაოდენობით წყალი და ფინანსები. არსებობდა რიკუმენტაკატას გაწმენდის ორი ალტერნატივა: ქიმიური ან ბიოლოგიური. არჩევანი უკანასკნელზე შეჩერდა. გამოიყენეს თანამედროვე ბიოტექნოლოგიის მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია დამლაშებულ ნიადაგში მარილისმოყვარული ბაქტერიისა (ჰალოფილური ბაქტერია) და კომპოსტის ერთობლივ შეტანაზე. კომპოსტი დაამზადეს ძალიან მარტივად და იაფად: ბრინჯის ქატოს დაუმატეს ცოტაოდენი წყალი, ჰალობაქტერია და 48°C-ზე დააყოვნეს 2 დღის განმავლობაში. დროდადრო კომპოსტის მოცულობას ზრდიდნენ სხვადასვა იაფი საკვები ნარჩენებით (თევზის ძვლები; დაპრესილი ზეთიანი ორცხობილა და ა.შ.). მას შემდეგ, რაც ჰალობაქტერია კარგად გამრავლდა და მომძლავრდა, კომპოსტი მოაფრქვიეს რიკუმენტაკატას ნიადაგებში. ხელოვნურად შეტანილი (ქატოს და ა.შ.) საკვების ათვისებით, მარილისმოყვარე ბაქტერიამ მიწის ნაწილაკებიდან გამოიტანა მარილი და ნიადაგი გაიწმინდა დამაბინძურებლისგან.



კომპოსტის მომზადება



ბიორემედიაციის შემდეგ

ჰალოფილურ (მარილისმოყვარულ) მიკროორგანიზმებსა და მცენარეებზე დამყარებული ბიორემედიაციული ტექნოლოგიის გამოყენება შესაძლებელია არა მხოლოდ ცუნამით დაზარალებულ, არამედ მსოფლიოს იმ ქვეყნებშიც, სადაც სახნავ-სათესი მიწების დეფიციტია და ბუნებრივი მლაშობების სიჭარბე. ნიადაგის ქლორიდული დამალშებისას, ფერმერებმა, სახლის პირობებშიც, ასევე მარტივად და იაფად შეიძლება დაამზადონ კომპოსტი. მათ მხოლოდ ჰალობაქტერიის პრეპარატის შექმნა მოუწევთ. ბიორემედიაციის მთავარი უპირატესობა მის სიიაფესა და სისწრაფეში მდგომარეობს!

საქართველოში დამლაშებული ნიადაგების საერთო ფართობი 112 600 ჰა-ს შეადგენს. ეს ნიადაგები ფართოდაა გავრცელებული აღმოსავლეთ საქართველოს ბარის ზონაში: ალაზნის, ელდარის, ტარიბანა-ნატბეურის, ლაკბესა და სხვ. აკუმულაციურ ვაკეებზე, ასევე- გარდაბნის, მარნეულის, სამგორისა და კრწანისის ვაკეებზე, ფრაგმენტულად გვხვდება შუა ქართლშიც.



ბიოტექნოლოგიური ინდუსტრიის არარსებობის გამო, საქართველოს მლაშობების ბიორემედიაციის თვალსაზრისით, (აგრაღური უნივერსიტეტის, ს.დურმიშიძის სახელობის ბიოქიმიისა და ბიოტექნოლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო კვლევების გარდა) ქვეყანაში, პრაქტიკულად, არაფერი კეთდება.

პროექტ „დავასუფთავოთ საქართველო-ფაზა III“-ის ერთ-ერთი მთავარი მიზანია მოსახლეობის ეკოლოგიური ცნობიერების ამაღლება, რადგან მხოლოდ ამ მხრივ განსწავლულ ხალხს, შეუძლია, გონივრულად მართოს თავისი მოღვაწეობა და გამოასწოროს საარსებო გარემოსთვის მიყენებული ზიანი.

პროექტი მიზნად ისახავს, მიწოდებული ინფორმაციით, დააფიქროს საზოგადოება ბოლო დროს საქართველოში პროგრესულად მზარდ ონკოლოგიური დაავადებების, ინსულტების, ათეროსკლეროზების, ენდოკრინული სისტემისა და სხვა პათოლოგიების განვითარების მიზეზებზე. ამ ეტაპზე პროექტის დომინანტ ამოცანას წარმოადგენს საქართველოს სკოლებსა და სხვა საგანმანათლებლო დაწესებულებებში არსებული, ვადაგასული ქიმიური რეაქტივების მართვის საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი რეგულაციების დანერგვა საქართველოში. პროექტის ფარგლებში უკვე განხორციელდა ამ კატეგორიის ნარჩენების საფუძვლიანი მონიტორინგი და დამუშავდა არაერთი სახელმძღვანელო, რომლებიც ეყრდნობა მოწინავე ქვეყნებში მოქმედ, ნარჩენების აღრიცხვის, დასაწყობების, უსაფრთხო მოპყრობისა და ტრანსპორტირების თანამედროვე მეთოდებს. სასწავლო დაწესებულებებში არსებული ვადაგასული რეაქტივები, რაოდენობის მასშტაბებით, გლობალური კატასტროფის საფრთხეს ნამდვილად ვერ შექმნის, მაგრამ ცალკეული რეგიონების ეკოსისტემებში ნარჩენთა ამ კატეგორიას ლოკალური ეკოლოგიური დისბალანსის გამოწვევა რეალურად შეუძლია.

არსებული ინფორმაციით, საქართველოში დღემდე დაუდგენელია ყოველწლიურად წარმოქმნილ ნარჩენთა ზუსტი რაოდენობა. მითუმეტეს, გაურკვეველია სახიფათო ნარჩენთა ზუსტი რიცხვი. საბედნიეროდ, თუ სამწუხაროდ, ქვეყანაში არაა განვითარებული გარემოს დაბინძურების ყველაზე სახიფათო სექტორი - ქიმიური მრეწველობა, რის გამოც ამ კატეგორიის ნარჩენთა წარმოქმნა მაღალი ხარისხით არ ხდება, მაგრამ ეს სულაც არ ნიშნავს, რომ დღეს ეკოლოგიურად სუფთა გარემოში ვცხოვრობთ. მაგალითად, გაურკვეველია სკოლებსა და სხვა სასწავლო დაწესებულებებში არსებულ, ვადაგასულ ქიმიურ ნარჩენთა რაოდენობა და მათი განთავსების, უფრო სწორად, მათი გადაყრის ადგილები, რადგან, სკოლების დიდმა ნაწილმა ამ მიმართულებით არ ისურვა პროექტთან თანამშრომლობა და დაიტოვა უფლება, სკოლის ავტონომიის ფარგლებში, თავად გადაწყვიტოს ქიმიური ნარჩენების მართვა.



საჯარო სკოლებში არსებული სიტუაციის ამსახველი ფოტოები

გამომდინარე იქიდან, რომ ამჟამად საქართველოში არ არსებობს არამუნიციპალურ ნარჩენთა განთავსების პოლიგონები, სადაც მოხდებოდა მათი ბიოლოგიური, ან სხვა მეთოდებით გადამუშავება, შესაბამისად ჩნდება მართებული ეჭვი იმის თაობაზე, რომ ვადაგასული რეაქტივები ხვდება ან ნაგავსაყრელზე, ან საკანალიზაციო წყლებში. ჩვენი მიზანია, კიდევ ერთხელ შევახსენოთ ამ დაწესებულებების მესვეურებს და ზოგადად, მოსახლეობას, რომ მდინარე მტკვარი, რომელიც 3 სახელმწიფოს საზღვრებს კვეთს, საქართველოში ყველაზე მაღალი ხარისხით თბილისთან და რუსთავთანაა დაბინძურებული, დიდი ალბათობით ამ პრობლემას ვადაგასული რეაქტივებიც „უერთდება“. ადამიანები არასწორად ფიქრობენ, რომ თუ ნაგავს თავიდან მოიცილებენ, მასთან დაკავშირებული ყველა პრობლემა მოგვარდება. ნაგვის მოშორება კი ძირითადად ნაგავსაყრელზე გადაყრით ხდება. მსოფლიოში სასმელი წყლის ძირითად რესურსს გრუნტის (მიწისქვეშა) წყლები ქმნის და მათი უმრავლესობა „იკვებება“ იმ ნალექების ხარჯზე, რომლებიც ნიადაგში ჟონავს. ადვილი მისახვედრია, რომ სასმელი წყლის სისუფთავესა და ხარისხზე მნიშვნელოვანი გავლენა ექნება ნიადაგიდან მიწისქვეშა წყლებში მოხვედრილ ნივთიერებებს. გრუნტის წყლების მთავარი დამაბინძურებელი ნაგავსაყრელებია, საიდანაც მათში წვიმის წყალთან ერთად ათასგვარი ტოქსიკანტი იჟონება - ფენოლები, მჟავები, ტუტეები, ციანიდები, მძიმე მეტალები, პესტიციდები და სხვ. ეკოლოგები ამ პროცესს ჩაის პაკეტიდან ცხელ წყალში ნივთიერებების გადასვლას ადარებენ. დღეს, როდესაც კაცობრიობა ისედაც მრავალფეროვანი ტოქსიკური ნივთიერებების გარემოცვაში ცხოვრობს და დაბინძურებულია სიცოცხლის არსებობის სამივე ნიშა- ჰაერი, წყალი და ნიადაგი, ვადაგასული ქიმიური რეაქტივების ნაგავსაყრელებზე მოხვედრა, ბუნებრივია ამ მდგომარეობას უფრო დაამძიმებს. ანთროპოგენული წარმოშობის ტოქსიკანტებით დაბინძურებული გარემოს თანამედროვე

ბიორემედიაციის შესაძლებლობებზე ქვემოთ გვექნება საუბარი, ამჯერად დავჯერდებით მხოლოდ იმის აღნიშვნას, რომ დღეს, პრაქტიკულად არ არსებობს პოლუტანტი, რომლის განადგურებასა და გარემოდან გამოდევნას ვერ გაუმკლავდებოდა მცენარეებისა და მიკროორგანიზმების ერთობლივ გამოყენებაზე დამყარებული ბიოტექნოლოგიები, რადგან ცოცხალი ორგანიზმების პოტენციალი ამოუწურავია. ამის დადასტურებას წარმოადგენს თუნდაც ჩვენს მიერ განხილული ქლორიდებით დაბინძურებული რიკუძენტაკატას ნიადაგების აღდგენის მაგალითი, ჰალობაქტერიების გამოყენებით. მითუმეტეს, ვადაგასული ქიმიური რეაქტივების საცდელ მოედნებზე განთავსება და მათი ბიოლოგიური „დამუშავება“ სავსებით რეალურია და რაც მთავარია - ეკოლოგიურად უსაფრთხო!

ბიოტექნოლოგია

ბუნებიდან ტოქსიკანტების მოცილებასა და ეკოლოგიური წონასწორობის აღდგენას ემსახურება თანამედროვე ქიმიური და ფიზიკური ტექნოლოგიების მთელი სპექტრი. ამ ძვირადღირებული ტექნოლოგიების მოდერნიზაციის მიუხედავად, ტოქსიკანტების ნაკადი ბიოსფეროში შემცირების ნაცვლად ყოველწლიურად იზრდება. ამავე დროს, ეს ტექნოლოგიები ეფექტურია მხოლოდ ლოკალური მნიშვნელობის კონკრეტულ შემთხვევებში. ძალიან ხშირად კი იქმნება ისეთი არახელსაყრელი ეკოლოგიური სიტუაცია, სადაც გლობალური ჩარევა მხოლოდ ცოცხალი ორგანიზმების საშუალებითაა შესაძლებელი. გარემოს გასუფთავების უფრო ეფექტური გზების ძიებამ მეცნიერები ბიორემედიაციული ტექნოლოგიების გამოყენებამდე მიიყვანა. აღმოჩნდა, რომ მცენარეული და მიკრობული სამყარო ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს ეკოლოგიურად საშიში ტერიტორიების მონიტორინგისთვის და წარმატებით, შეიძლება, გამოვიყენოთ ტოქსიკანტებთან საბრძოლველად.

დღეს ექვს ადარ იწვევს, რომ სწორედ ბიოტექნოლოგია წარმოადგენს ერთ-ერთ-მაგისტრალურ გზას მომავალი ეკოლოგიური კრიზისიდან გამოსასვლელად. ეს გახლავთ ყველაზე სრულყოფილი ტექნოლოგია, რადგან ემყარება ცოცხალი ორგანიზმების და მათში მიმდინარე სასიცოცხლო პროცესების მიზნობრივ გამოყენებას ადამიანის საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში. ცოცხალი ორგანიზმების პოტენციალი კი ამოუწურავია. წყლის, ნიადაგისა და ჰაერის ბიოლოგიური გასუფთავება, ეკოლოგიურად სუფთა ენერგორესურსების მიღება, პესტიციდებისა და სასუქების ბიოლოგიური ალტერნატივა, ნიადაგის ბიორეკულტივაცია, დიაგნოსტიკური და სამკურნალო საშუალებების წარმოება ბიოტექნოლოგიის მოღვაწეობის სფეროების არასრული ჩამონათვალია.

ყოველივე აღნიშნულის გამო, ბიოტექნოლოგია მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის მიმართულებების პრიორიტეტული სფეროა და წარმოადგენს „მაღალი ტექნოლოგიების“ მაგალითს. მსოფლიოს ყველა მაღალგანვითარებული ქვეყანა ბიოტექნოლოგიას აღიარებს თანამედროვეობის ერთ-ერთ ყველაზე სრულყოფილ ტექნოლოგიად და ტოქსიკანტებით დაბინძურებული გარემოს გადამრჩენელ მიმართულებად მიიჩნევს. აშშ-მა ერთ-ერთმა პირველმა შეაფასა ბიოტექნოლოგიის განვითარების პერსპექტივა, ფედერალური სააგენტოს 1994 წლის განცხადებით, თუ უწინ ქვეყნის ეკონომიკურ და სამხედრო სიძლიერეს ფიზიკა და ელექტრონიკა განსაზღვრავდა, ამჟამად მათ ბიოტექნოლოგიაც დაემატა.

ბიორემედიაცია

რა არის ბიორემედიაცია?

(bio - სიცოცხლე; remedium - აღდგენა)



ბიორემედიაციის აღმომჩენად, ძველი რომაელები უნდა მივიჩნიოთ. ჩვენს დროში ეს ტექნოლოგია განსაკუთრებით მაშინ დაფასდა, როდესაც ის გამოიყენეს გემ „Exxon Valdez“-ის ავარიის შედეგად ოკეანეში ჩაღვრილი ნავთობის გასაწმენდად. ბიორემედიაცია, როგორც ტექნოლოგია, ეფუძნება ცოცხალი ორგანიზმების ერთობლივ უნარს, მოახდინონ ტოქსიკური ნივთიერებების (მეტაბოლური) გარდაქმნები მათი უჯრედშიგა ადსორბციის (შთანთქმის), იმობილიზაციის (ნაკლებად აქტიურ ფორმაში გადაყვანის) ან დეგრადაციის გზით, გაწმინდონ ნიადაგი, ჰაერი და წყალი ანთროპოგენული წარმოშობის ტოქსიკანტებისგან. ბიორემედიაცია ავსებს გარემოს გასუფთავების არსებულ ფიზიკო-ქიმიურ მეთოდებს და გარკვეულ პირობებში ალტერნატივა საერთოდ არ გააჩნია.

გარემოდან ტოქსიკანტების მოშორების თვალსაზრისით განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს მცენარეებისა და მიკროორგანიზმების (სოკოებისა და ბაქტერიების) დეტოქსიკაციურ თვისებებზე დამყარებული ბიორემედიაციული სისტემები.

მიკრობული სამყაროს მიმართ ასეთი მაღალი ინტერესი განპირობებულია იმით, რომ მიკროორგანიზმები სწრაფი გამრავლების უნარის წყალობით, ადვილად ეუფლებიან ტოქსიკური ნაერთებით დაბინძურებული ნიადაგებისა და წყლების დიდ მასივებს.

რაც შეეხება უმაღლეს მცენარეებს, უკავიათ რა ხმელეთის 40% (წყალმცენარეების გავრცელების პოტენციალი არაა დადგენილი), ისინი მუდმივად შედიან კონტაქტში ნებისმიერი წარმოშობის ტოქსიკურ ნაერთებთან, რომლებსაც მიწის სიღრმეში 1,5 მ-ზე დაგროვების ტენდენცია ახასიათებთ.

თუ მიკროორგანიზმების დეტოქსიკაციური პოტენციალი დიდი ხანია ცნობილია, მცენარეებს უკანასკნელ დრომდე განიხილავდნენ, როგორც ორგანიზმებს, რომლებსაც ტოქსიკური ნაერთების

მხოლოდ უჯრედშიგა სივრცეში „შეტანა“ და აკუმულირება (დაგროვება) შეეძლოთ. ითვლებოდა, რომ მცენარე მოკლებული იყო ტოქსიკური ნაერთის უჯრედშიგა გარდაქმნის უნარს. ბოლო დროს, ინფორმაცია მცენარეების ეკოლოგიური პოტენციალის შესახებ მუდმივად ივსება ახალი მონაცემებით. რომელის მიხედვით მცენარეებს, მიკროორგანიზმების მსგავსად, შესწევთ უნარი, მოახდინონ ტოქსიკური ნაერთების უმრავლესობის ასიმილირება და დეტოქსიკაცია.

ამრიგად, “ბიოდეგრადაცია“ არის საერთო ტერმინი, რომელიც იხმარება ნებისმიერი ქიმიური ნაერთის ბიოლოგიური დაშლის აღსანიშნად. ტერმინები: “ბიოაკუმულაცია“ ან “ბიოსორბცია“, ბიოდეგრადაციასაგან განსხვავებით, აღნიშნავს ტოქსიკური ნაერთების აკუმულირებას (დაგროვებას უჯრედის შიგნით). ამ დროს ტოქსიკანტი დეგრადაციას ან სხვა რაიმე ტიპის გარდაქმნას არ განიცდის.

როგორ ახერხებენ მცენარეები და მიკროორგანიზმები ტოქსიკური ნაერთების დეგრადაციას?

ცოცხალი ორგანიზმების დეტოქსიკაციური უნარი ემყარება მათ მიერ განსაკუთრებული ნაერთების ფერმენტების წარმოქმნას. მიკროორგანიზმებისაგან განსხვავებით, რომლებიც პრაქტიკულად ყველა ბუნებრივი პოლიმერის (ცელულოზის, ლიგნინის, ჰემიციტულულოზის და ა.შ.) დამშლელ ჰიდროლიზურ ფერმენტულ სისტემებს ფლობენ, მცენარეებს არ ახასიათებთ გამოხატული ჰიდროლიზური პოტენციალი. სამაგიეროდ, ისინი ხასიათდებიან დამუანგავი ფერმენტების მძლავრი სისიტემით, რომელიც მცენარეულ უჯრედში მოხვედრილ უცხო ნივთიერების - ქსენობიოტიკის დეგრადაციას ახდენს. უკანასკნელ პერიოდში ჩატარებულმა კვლევებმა ცხადყო პლანეტის მცენარეული სამყაროს განსაკუთრებული ეკოლოგიური მნიშვნელობა.

ბიორემედიაციის კატეგორიები

განასხვავებენ ბიორემედიაციის სამ სტრატეგიას: კომპოსტირებას, ბიოხსნარებს და ფიტორემედიაციას.

კომპოსტირებისა და ბიოხსნარების ტექნოლოგიები დაბინძურებული გარემოს გასაწმენდად მიკროორგანიზმებს გამოიყენებს, ფიტორემედიაცია კი - მცენარეებს. ბიორემედიაციაში მთავარი “მოთამაშეები“ მიკროორგანიზმები არიან: ევოლუციის პროცესში მათი ცალკეული ჯგუფები, პრაქტიკულად, ყველა ტიპის გარემოსთან ადაპტირდნენ. ისინი კოსმოპოლიტები არიან: ცხოვრობენ ყველგან - ოკეანების სიღრმეებში, აისბერგების ყინულებსა და ვულკანური წარმოშობის გეიზერულ წყლებში და იდეალურ ობიექტს წარმოადგენენ განსხვავებული სტრუქტურის ტოქსიკანტების განადგურების საქმეში.

მიკრობული რემედიაცია - კომპოსტირება და ბიოხსნარები

ბაქტერიებისა და სოკოების უზარმაზარი დეტოქსიკაციური პოტენციალის პრაქტიკაში რეალიზაციისათვის შემუშავებულია განსხვავებული ტიპის ათეულობით თანამედროვე ეკობიოტექნოლოგია, რომლებიც გამოიყენება ცალკეულ, ინდივიდუალურ შემთხვევაში და რომლებშიც მთავარ როლს მიკროორგანიზმები ასრულებენ.

მიკროორგანიზმები, ძალიან ხშირად გარდაქმნიან ბუნებისთვის ისეთ „უცხო“ ნაერთებს, რომელთა მიმართ თავადაც არ არიან ადაპტირებული. ასეთ შემთხვევებშიც კი მათ აღმოაჩნდებათ ისეთი ფერმენტული სისტემები, რომლებიც სინთეზური ტოქსიკანტების სრულ ან ნაწილობრივ დეგრადაციას ახორციელებს.

უნდა აღინიშნოს, რომ მიკროორგანიზმთა დეტოქსიკაციური შესაძლებლობები ბოლომდე უნივერსალური არაა, ამიტომ თანამედროვე ბიორემედიაციული სისტემები გარკვეულწილად შეზღუდულია. ეს განსაკუთრებით ეხება ქიმიური სინთეზით დამზადებულ პოლიმერებს (პოლიეთილენის პარკებს, ბოთლებს და ა.შ), რომლებიც ძნელად ექვემდებარება მიკრობულ დეგრადაციას. ეს სინთეზური პროდუქტები უცვლელი სახით რჩება წყლებსა და ნიადაგებში.



ამ შეზღუდვის მიუხედავად, დღეს ინტენსიურად მიმდინარეობს მიკროორგანიზმთა დეტოქსიკაციური პოტენციალის კვლევა და მათ საფუძველზე ახალი, გენმოდულირებული შტამების გამოყვანა, რომლებიც ზუსტად შეესაბამებიან დამაბინძურებლის ტიპს.

ცნობილია, რომ მიკროორგანიზმების დეტოქსიკაციური აქტივობა დამოკიდებულია სამ ძირითად ფაქტორზე:

- 1) მიკროორგანიზმის სახეობაზე;
- 2) დამაბინძურებლის ტიპზე;
- 3) დაბინძურებული გარემოს გეოლოგიურ და ქიმიურ თვისებებზე.

ტოქსიკანტებით დაბინძურებული ნიადაგების ბიორემედიაცია

არსებობს ნიადაგების ბიოლოგიური გაწმენდის ორი სტრატეგიული მიმართულება: 1) *in situ* და 2) *ex situ*

1. თუ ნიადაგის ბიორემედიაცია ტარდება უშუალოდ დაბინძურების ადგილზე, ასეთ ტექნოლოგიას ეწოდება *in situ*.



2. თუ ნიადაგის ბიორემედიაცია არ ტარდება უშუალოდ დაბინძურების ადგილზე, ასეთ ტექნოლოგიას ეწოდება *ex situ*



ბიორემედიაციული ტექნოლოგიების დაწყებას ყოველთვის წინ უსწრებს დაბინძურებული ნიადაგის მიკრობიოლოგიური ანალიზი. ამ ანალიზის პასუხზეა დამოკიდებული, რა გზით წარიმართება ნიადაგის *in situ* ბიოდამუშავება:

ნიადაგის *in situ* ბიოდამუშავება

თუ ნიადაგში ბუნებრივად „ცხოვრობენ“ დამაბინძურებლის დამშლელი მიკროორგანიზმები, ნიადაგის „აბორიგენულ“ მიკროფლორას ხელოვნურად უქმნიან განვითარების ოპტიმალურ პირობებს. მიკროორგანიზმთა ზრდის „წახალისება“-სტიმულირების მიზნით, ნიადაგში „გარედან“ შეაქვთ დამატებითი საკვები კომპონენტები. ეს, თავის მხრივ, „აჩქარებს“ მათ მეტაბოლიზმს და ამ გზით „მოდლიერებული“ ბაქტერია (ან სოკო) საკვებთან ერთად ნიადაგიდან ტოქსიკანტსაც ითვისებს.



in situ დამუშავება „აბორიგენულ“ მიკროფლორის ზრდის სტიმულირებით

იმ შემთხვევაში, თუ მიკრობიოლოგიურმა ანალიზმა ნიადაგში არ დაადასტურა დამაბინძურებლის დამშლელი მიკროორგანიზმების არსებობა, მიმართავენ მეორე გზას, რომელიც გულისხმობს დესტრუქტორი მიკროორგანიზმების „გარედან“ შეყვანას დაბინძურებულ ნიადაგში (ამ მიზნით გამოიყენება მიკრობული პრეპარატები).



in situ დამუშავება ნიადაგში მზა ბიოპრეპარატის შეტანით

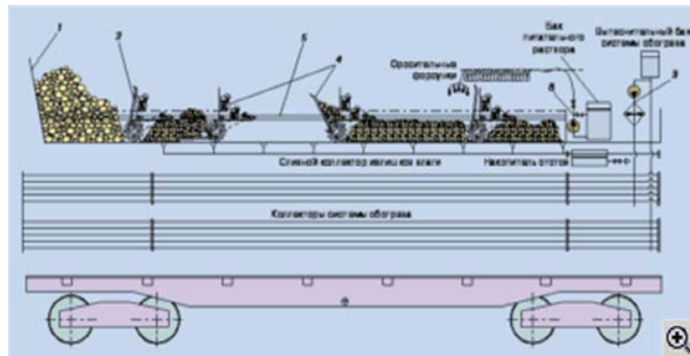
მიკრობული პრეპარატების დამზადება ბიოტექნოლოგიური ინდუსტრიის ერთ-ერთი სფეროა

in situ, ანუ უშუალოდ დაბინძურების ადგილზე ჩატარებული ბიორემედიაციული ტექნოლოგიები, გამოიყენება ტოქსიკანტის მაღალი კონცენტრაციით დაბინძურებული ნიადაგების დიდი ფართობის გასაწმენდად.

ნიადაგის *ex situ* ბიოდამუშავება

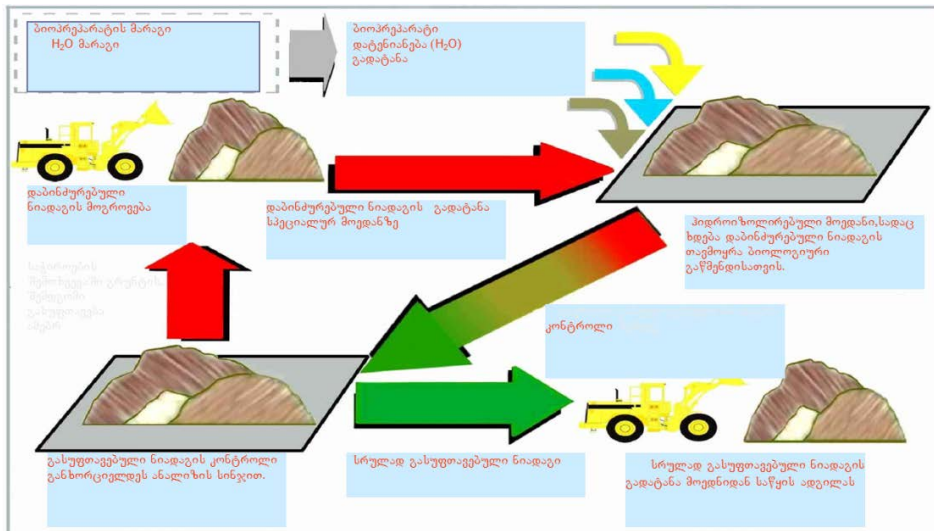
ნიადაგის *ex situ* ბიოდამუშავებაც, შესაძლებელია ჩატარდეს ორი გზით: ბიორეაქტორში ან ბიომოდულებში.

რემედიაცია ბიორეაქტორში ითვალისწინებს დაბინძურებული ნიადაგის მოჭრას, დატენიანებას და გადატანას სპეციალური კონსტრუქციის აპარატურაში, სადაც ხორციელდება უხსნადი სუბსტრატის (ნიადაგის) უშუალო კონტაქტი მიკროორგანიზმებთან და ამ გზით ხელსაყრელი პირობები იქმნება მიკრობული დეგრადაციისთვის. ცხადია, რომ *ex situ* ბიოდამუშავების მეთოდი, *in situ*-სთან შედარებით ძვირადღირებულია.



რემედიაცია ბიორეაქტორში

რემედიაცია ბიომოდულეზში (მოედნებზე) -ეს სტრატეგია გულისხმობს დაბინძურებული ნიადაგის მოჭრას და გადატანას სპეციალურ ნაკვეთებზე, სადაც ხდება მისი შემდგომში დამუშავება კომპოსტირებით (ბიომოდულეზში).



ბიომოდულეზის ტექნოლოგიას, ძირითადად, მიმართავენ მაღალი კონცენტრაციის ტოქსიკანტით შედარებით მცირე ფართობის ნიადაგების დაბინძურების შემთხვევაში.

ამ მეთოდის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ ნიადაგის გადატანით მცირდება მიწისქვეშა წყლებში ტოქსიკანტის მოხვედრის ალბათობა, თუმცა ამგვარი მიდგომა შედარებით ძვირია, ვიდრე *in situ* ტექნოლოგია.

დაბინძურებული ნიადაგების აღდგენისას, ყოველი კონკრეტული შემთხვევისთვის, შესაფერისი მეთოდის შერჩევა ხდება მთელი რიგი ფაქტორების: დამაბინძურებელის ტიპისა და კონცენტრაციის, ნიადაგის ტიპის, კლიმატის, გრუნტის წყლების მდებარეობისა და დასახლებული პუნქტების სიახლოვის გათვალისწინებით.

ნიადაგის *in situ* ტექნოლოგიით გაწმენდის სამუშაოები რამდენიმე ეტაპად ტარდება: პირველ რიგში დგინდება დაბინძურების ხარისხი და პოლუტანტის ტიპი, ასევე ისაზღვრება დაბინძურების დრო და სიღრმე; ამის შემდეგ დგინდება ნიადაგის ტიპი და მზადდება ტერიტორიის ჰიდროლოგიური რუქა; დგინდება წყალსატევების ადგილმდებარეობა; გრუნტის წყლების დონე და მიმართულება. ობიექტზე ისაზღვრება სხვა ტოქსიკანტების არსებობა, რომლებმაც შეიძლება ხელი შეუშალოს დამბინძურებლის მიკრობულ გარდაქმნებს; ბოლო ეტაპს წარმოადგენს ნიადაგის მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩატარება, დამაბინძურებლის ბიოდეგრადაციის უნარის მქონე მიკროორგანიზმის გამოსავლენად.

თუ ასეთი „აბორიგენული“ დესტრუქტორები ნიადაგში არ აღმოჩნდება, მაშინ „გარედან“ შეჰყავთ მზა მიკრობული პრეპარატი.

კომპოსტირება

კომპოსტირება წარმოადგენს საუკუნის ასაკის ტექნოლოგიას, რომელიც თავის დროზე შემუშავდა ისეთი საშიში ნივთიერების დეგრადაციისთვის, როგორცაა- ტნტ (ტრინიტროტოლუოლი). ამ მეთოდით, ტნტ-ით დაბინძურებული ნიადაგები მუშავდება „ბორცვოვანი“ კომპოსტით: ნიადაგს დიდი რაოდენობით ურევენ კომპოსტს და შლიან მინდვრის მთელ ზედაპირზე, ან სულაც - ათავსებენ ვიწრო რიგებად. კომპოსტი შედგება: ნახერხის, ჩალის, იონჯის, ნაკელის და სხვა აგროსამრეწველო პროდუქტებისგან და გამოიყენება მიკროორგანიზმთა ზრდის სტიმულაციისთვის. **დადგენილია, რომ „ბორცვოვანი“ კომპოსტს გააჩნია დეგრადაციის მაღალი დონე და დაბალი ღირებულება.** ეს მეთოდი წარმატებით გამოიყენეს აშშ-ში, სადაც ერთ-ერთი წყალქვეშა საზღვაო ბაზა (ბანგორში) 19 წლის მანძილზე ბინძურდებოდა საბრძოლო მასალების დეტონაციითა და ღია წვით. ბიორემედიაცია ჩატარდა კომპოსტირების მეთოდით და შთამბეჭდავი შედეგით დასრულდა: 30 დღის შემდეგ ტნტ-ს დონე შემცირდა 96-99%-ით.

„ბორცვოვანი“ კომპოსტის მეთოდი ასევე, ეფექტურად იქნა გამოყენებული ყოფილ სამხედრო ბაზაზე, უმატილაში (ორიგონის შტატი), ტნტ-ით დაბინძურებული ნიადაგის რემედიაციისთვის. ამ ოლქში 15 წლის მანძილზე წყლის ორთქლით მიმდინარეობდა გამოუსადეგარი ბომბების გარეცხვა ტნტ-სგან. ამ „გაწმენდის“ შედეგად, დროთა განმავლობაში წარმოიქმნა კოლოსალური მოცულობის ვარდისფერი ტბები. ბიორემედიაციისთვის გამოიყენეს „ბორცვოვანი კომპოსტი“, რომელიც შედგებოდა: კარტოფილის ნარჩენებისა და ნაკელისაგან. შედეგად, ტნტ-ს შემცველობა ნიადაგში 93,7%-ით შემცირდა, თუმცა, კომპოსტირების მეთოდს ნაკლიც გააჩნია:

1) ნიადაგი შერეულია დიდი რაოდენობით სახვადსხვა დანამატებთან, რის გამოც მისი მოცულობა საწყისთან შედარებით 5-30-ჯერ იზრდება.

2) შეუძლებელია მიკროორგანიზმთა მიერ გარდაქმნილი ტოქსიკანტის ზუსტი რაოდენობის განსაზღვრა.

3) ზოგიერთი ტოქსიკანტი (მაგ. ტნტ) და მისი გარდაქმნის შუალედური პროდუქტი უკავშირდება კომპოსტის ნარევის და შეიძლება ისევ ნიადაგში ჩაირეცხოს (ბიოხსნარების ტექნოლოგიაში ეს გამორიცხულია)

ბიოხსნარები

ეს ტექნოლოგია მხოლოდ *ex situ* ტარდება.

ბიოხსნარების მეთოდი ემყარება დიდი მოცულობის ტანკების (რეზერვუარების) გამოყენებას, რომელშიც თავსდება ნიადაგისა და ბიოდანამატების (მიკროორგანიზმებისა და ორგანული სუბსტრატების) სუსპენზია.

სიმფოლტის კომპანიამ ბიოხსნარების გამოყენებით დაამუშავა დაბინძურებული ნიადაგების გასუფთავების ეფექტური მეთოდი (SABRE), რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: ექსკავატორით ითხრება ნიადაგი, ირჩევა, ემატება სახამებლის შემცველი სუბსტრატები (როგორც ნახშირბადის დამატებითი წყარო), შემდეგ ბუფერირდება ფოსფატით, რის შედეგადაც ყალიბდება ხსნარი. ეს უკანასკნელი თავსდება რეზერვუარში დესტრუქტორ-მიკრობულ პრეპარატთან ერთად.

ნებისმიერი ქიმიური სტრუქტურის ტოქსიკანტის მიკრობოლოგიური დეგრადაციის სიჩქარე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ისეთ ფაქტორებზე როგორცაა: ნიადაგში ჟანგბადის კონცენტრაცია; ტემპერატურა, ნიადაგის pH, არაორგანული და ორგანული საკვები ნივთიერებების არსებობა გარემოში და სხვ. ამ ფაქტორებიდან ყველაზე არსებითი ჟანგბადის შემცველობაა, რადგან სწორედ ეს ელემენტი არეგულირებს აერობული (ჟანგბადით „მსუნთქავი“) და ანაერობული (უჟანგბადო პირობებში მცხოვრები) მიკროფლორის განვითარების ინტენსიობას.

ნავთობით დაბინძურებული გარემოს თანამედროვე ბიორემედიაციული სისტემები

ბიოტექნოლოგიურ ინდუსტრიაში დანერგილია პატენტები, რომლებიც გამოიყენება ნავთობით დაბინძურებული წყლებისა და ნიადაგების გასუფთავების მიზნით. ერთ-ერთი ასეთი პატენტის მოქმედი აგენტია *Pseudomonas* გვარის ბაქტერიები. ეს ბაქტერიები ბუნებრივად გვხვდებიან ნავთობით დაბინძურებულ ეკოსისტემებში. რეალიზაციაშია გარემოდან ნავთობის მოსაშორებელი ბიოპრეპარატი “პეტრო ტრიტი“, რომელიც წარმოადგენს 12 სხვადასხვა მიკროორგანიზმის კონსორციუმს. აქ შედის აქტინობაქტერიები, მიცელიალური სოკოები, საფუვრები და ბაქტერიების რამოდენიმე გვარი (*Bacillus* და *Rhodococcus*).



„პეტრო ტრიტი“



იაპონელმა მეცნიერებმა ზღვის წყლიდან გამოყვეს ბუნებრივი ბაქტერია, რომლის გააქტიურებით მიიღეს ნახშირწყალბადების მაღალი ჟანგვის უნარის მქონე შტამი, რომელიც წარმატებით „მუშაობს“

მოდელურ ცდებში: გაიწმინდა ნავთობით დაბინძურებული ჩამდინარე წყლები, აგრეთვე ტანკერების ფსკერიდან და კედლებიდან მოცილებულ იქნა მძიმე ნავთობი.



ნავთობის „მჭამელი“ ბაქტერია

მკვლევართა სხვა ჯგუფის მიერ შემუშავებულია მიკრობთა კონსორციუმი, რომელიც ეფექტურად გამოიყენება ნავთობის დეგრადაციის მიზნით. ეს ასოციაცია შედგება *Pseudomonas* და *Rhodococcus*-ის გვარის ორ-ორი შტამისგან. ასეთი კონსორციუმის გამოყენების შედეგად, ნიადაგის 5%-იანი დაბინძურებისას ნავთობის რაოდენობა მცირდება 57%-ით, ხოლო 15 %-იანი დაბინძურებისას - 48%-ით.

ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ბიორემედიაციული სისტემები

უკანასკნელ წლებში, ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობისა და ზოგადად ტექნიკური პროგრესის შედეგად, მნიშვნელოვნად გაუარესდა წყლის სისუფთავე და იგი სასწრაფო დამცავ ღონისძიებებს მოითხოვს. შექმნილი მდგომარეობიდან გამომდინარე, წყლის სისუფთავის დაცვის მიზნით, შემოღებულია წყლის საერთაშორისო კრიტერიუმები. მიწის ზედაპირულ ფენაში არსებული წყალი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს: 1) გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა უნდა შეადგენდეს არანაკლებ- 4.0 მგ/ლ. 2) შეტივტივებული ნაწილაკების რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,75 მგ/ლ; 3) არაორგანული ნაერთების რაოდენობა - არაუმეტეს 1000მგ/ლ. 4) წყალს არ უნდა ჰქონდეს სპეციფიკური სუნი და გემო; 5) წყლის pH მოთავსებული უნდა იყოს 6.5-დან 8.5-მდე დიაპაზონში. 6) ტოქსინების რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს ცოცხალი ორგანიზმებისთვის დადგენილ ნორმებს. 7) კატეგორიული მოთხოვნაა, რომ წყალი არ შეიცავდეს რადიოაქტიურ ნივთიერებებს.

რა ტიპის დამბინძურებლები გვხვდება წყალში?



დაბალმოლეკულურ დამაბინძურებლებთან ერთად, ჩამდინარე წყლები ხშირად მაღალმოლეკულურ ნივთიერებებსაც შეიცავენ (ბიო- და სინთეზურ პოლიმერებს). წყლის ბიორემედიაციაში გამოყენებული მიკროორგანიზმები უჯრედგარე ფერმენტული სისტემების წყალობით (ძირითადად ჰიდროლაზებისა და ოქსიგენაზების საშუალებით) ნაწილობრივ ან სრულად შლიან ამ ნაერთებს. პოლიმერების დაშლის ეს პროდუქტები ადგილობრივი მიკროფლორისთვის აზოტის, ნახშირბადის, ფოსფორისა და გოგირდის წყაროს წარმოადგენენ. რაც შეეხება ფართოდ მოხმარებულ სინთეზურ პოლიმერებს, რომლებშიც მონომერებს წარმოადგენენ სტიროლი, ეთილენი, პროპილენი, იზოპრენი, ქლოროპრენი, ბუტადიენი და სხვა, ისინი შედარებით ძნელად ექვემდებარებიან მიკრობულ დეგრადაციას.

წყლის მიკრობული გასუფთავებისას გამოიყენება როგორც აერობული, ისე ანაერობული პროცესები. თუმცა, უპირატესობა უკანასკნელს ენიჭება, რადგან ორგანული ნარჩენების ანაერობული ბიოგარდაქმნით, შეიძლება, ერთდროულად მივიღოთ ბიოსასუქი და ბიოგაზი, რაც თავის მხრივ, ეკონომიკურად მომგებიანს ხდის ამ პროცესს.

ფეთქებადი ნივთიერებების დეტოქსიკაცია

ტრინიტროტოლუოლის სტრუქტურაზე დაფუძნებულ ამ ნაერთებს არსებობის ასწლიანი ისტორია აქვთ. მაღალი ეფექტურობის გამო ტნტ-ს ტიპის ფეთქებადმა ნივთიერებებმა (კოდური სახელწოდებით-RDX) ფართო გამოყენება ჰპოვა მსოფლიოს პრაქტიკულად ყველა სამხედრო ძალებში. ყველა ეკოლოგიური ნიშიდან ფეთქებადი ნივთიერებების და მათ ტრანსფორმაციის პროდუქტების მაქსიმალური მოცილების მიზნით, აუცილებელი ხდება უახლესი რემედიაციული ტექნოლოგიების შემუშავება. საწვრთნელი და საომარი ოპერაციების შემდეგ ნიადაგში დარჩენილი ფეთქებადი ნაერთების ლიკვიდაციის ერთ-ერთი პერსპექტიული გზა მიკროორგანიზმების დეტოქსიკაციური პოტენციალის გამოყენებაა. არსებობს უამრავი მონაცემი იმის თაობაზე, რომ ბაქტერიებისა და სოკოების ცალკეულ წარმომადგენელს ტნტ-სა და მისი ანალოგების მაღალი კონცენტრაციის პირობებშიც კი შესწევს მათი ასიმილაციის უნარი. თუ ამ თვალსაზრისით შევადარებთ მიკროორგანიზმებისა და მცენარეების რემედიაციულ პოტენციალს, მიკრობთა უპირატესობა აშკარაა: მცენარეები მათთვის დამახასიათებელ დეტოქსიკაციის უნარს ამჟღავნებენ ფეთქებადი ნაერთების მხოლოდ დაბალი კონცენტრაციის პირობებში (20 ppm). ამჟამად ფეთქებადი ნაერთების ერთ-ერთ ყველაზე ეფექტურ რემედიატორად აღიარებულია უმაღლესი ბაზიდიალური სოკო- *Phanerochaete chrysosporium*. მიკროსკოპულ სოკოებს შორის ამ ნაერთების მაღალი დეტოქსიკაციის უნარით ხასიათდება *Aspergillus*, *Trichoderma* და *Mucor-ის* გვარების ცალკეული წარმომადგენლები, რომლებიც არა თუ ამცირებენ ტნტ-ს რაოდენობას, არამედ რიგ შემთხვევებში მის მინერალიზაციასაც ახდენენ. სხვა ტაქსონომიური ჯგუფებიდან უნდა აღინიშნოს *Rhodococcus-ის*, *Enterobacter-ის*, *Mycobacterium-ის*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter-ის*, *Clostridium-ისა* და *Staphylococcus* გვარის ბაქტერიები.

პესტიციდების დეტოქსიკაცია

ეს ქიმიკატები ყველაზე ფართო მოხმარებით სარგებლობს სოფლის მეურნეობაში, ამიტომ ეკოლოგთა განსაკუთრებული ინტერესის საგანს წარმოადგენენ. დღეს, კულტურული მცენარეების პროდუქტიულობის ამაღლების მიზნით, 100-მდე განსხვავებული ქიმიური სტრუქტურის პესტიციდი ინტენსიურად გამოიყენება ევროპის, აშშ-ის, კანადის და სხვა სახელმწიფოების სოფლის მეურნეობაში.

პესტიციდების ასეთი ფართო მოხმარება მათ ადექვატურ გავრცელებასა და ჭარბ დაგროვებას განაპირობებს ნიადაგსა და წყალში. პესტიციდების მრავალფეროვნებიდან და მათი გამოყენების მასშტაბებიდან გამომდინარე, ერთი პუბლიკაციის ფორმატში შეუძლებელია ცალკეული პესტიციდის დეტოქსიკაციის პროცესის აღწერა, შემოვიფარგლებით მხოლოდ მიკროორგანიზმთა იმ კულტურების ჩამონათვალთ, რომლებიც ამ ტოქსიკანტების ასიმილაციის უნარით გამოირჩევიან. უპირველეს ყოვლისა, ეს გახლავთ ბაზიდიალური სოკო *Phanerochaete chrysosporium* (მერქნის თეთრი ლპობის გამომწვევი სოკო). პესტიციდების დეტოქსიკაცია შეუძლიათ განახორციელონ ბაზიდიომიცეტების სხვა წარმომადგენლებმაც, რომლებიც ფლობენ ფენოლური ნაერთების დეგრადაციის მაღალ უნარს: *Trametes versicolor* და *Pleurotus ostreatus* (კალმახა სოკო)

განსხვავებული სტრუქტურის პესტიციდების ასიმილაციის უნარს ავლენენ ბაქტერიების სხვადასხვა გვარის წარმომადგენლებიც (*Bacillus*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Proteobacteria*). ბაქტერიული შტამი *Alcaligenes eutrophus* ცნობილია, როგორც 2,4-D -ს ერთ-ერთი ყველაზე აქტიური დესტრუქტორი.

პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების (პან) დეტოქსიკაცია

პან-ტოქსიკურ ნაერთთა ერთადერთი კლასია, რომელიც მთლიანად ანთროპოგენული წარმოშობისაა. ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 70-იან წლებში ცნობილი გახდა, რომ სხვადასხვა ეკოლოგიური ნიშებიდან პან-ის მოცილების უნარით ხასიათდება ბაქტერიების, მიცელიალური სოკოებისა და წყალმცენარეების ცალკეული წარმომადგენლები.

უმრავლეს შემთხვევაში, მაღალმოლეკულური პან-ი, მაგალითად, ბენზპირენი (რომელიც ბენზოლის 5 ბირთვისგან შედგება), მხოლოდ უმნიშვნელო მიკრობულ გარდაქმნებს ექვემდებარება. **აშშ-ის გარემოს დაცვის სააგენტოს მიერ პან-ი განისაზღვრა, როგორც კანცეროგენული და ადამიანის ჯანმრთელობისთვის უკიდურესად სახიფათო ნივთიერება.**

ასეთი მაღალი პერსისტენტულობის მიუხედავად, მიკროორგანიზმთა შორის გამოვლენილია ცალკეული შტამები, რომლებიც მაღალი კონდენსაციის პან-ის დეგრადაციას აწარმოებენ. ეს უნარი, რასაკვირველია, ამ კულტურების მძლავრ, უჯრედგარე დამჟანგველი ფერმენტების არსებობას უკავშირდება. სადღეისოდ არსებული პან-ის დეტოქსიკაციის მრავალრიცხოვანი ტექნოლოგიები ეფუძნება მიკროორგანიზმთა უნარს, აითვისონ და დაბალმოლეკულურ არატოქსიკურ მეტაბოლიტებამდე ფერმენტულად დაშალონ ეს მდგრადი ნაერთები.

აცეტონაფტენის, პირენის, ქრიზენის, ფლუორანტების, ნაფთალინის, ბენზპირენის, ბენზანტრაცენისა და სხვა პან-ის მაგალითზე დადგინდა, რომ მიკროორგანიზმთა განსხვავებული ტაქსონომიური ჯგუფების წარმომადგენლებს სხვადასხვა ინტენსივობითა და სიღრმით შეუძლიათ ამ მდგრადი ტოქსიკანტის გარდაქმნა.

პან-ის დესტრუქტორებს შორის ვხვდებით მიკროსკოპულ, ბაზიდიალურ, საფუარ სოკოებისა და ბაქტერიების შემდეგ გვარებს: *Abzidia*, *Aspergillus*, *Candida*, *Circinella*, *Daedalea*, *Neurospora*, *Penicillium*, *Phanerochaete*, *Rhizopus*, *Saccharomyces*, *Ttrametes*. განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს არომატული ნაერთების -ბენზოლის, ფენოლის, ბენზოის მჟავის, ტოლუოლის და მათი ქლორირებული ნაწარმების მიკრობული დეგრადაციის შესძლებლობა !!!!

ფიტორემედიაციული ბიოტექნოლოგიები

„ფიტონ“-მცენარე; „რემედიაცია“- აღდგენა

დიდი ხნის მანძილზე ითვლებოდა, რომ მცენარეს უჯრედში შეეძლოდ მხოლოდ ტოქსიკური ნაერთების დაგროვება („ბიოაკუმულაცია“) და არ ფლობდა ამ ნაერთის დაშლის უნარს. უკანასკნელ წლებში მცენარეებზე არსებული ამგვარი წარმოდგენა მკვეთრად შეიცვალა: დადგინდა, რომ მიკროორგანიზმების მსგავსად, მცენარეებიც ხასიათდებიან ტოქსიკანტების ასიმილაციის (დეგრადაციის) უნარით. ძალიან ხშირად, მიკროორგანიზმები და მცენარეები ერთობლივად, სიმბიოზურად აწარმოებენ ტოქსიკანტების გაუვნებელყოფას.

მაინც რომელი ორგანიზმი წარმოადგენს რემედიაციის მთავარ წარმმართველ აგენტს ბუნებაში - მცენარე თუ მიკროორგანიზმი?

ორგანული ტოქსიკური ნაერთების უფრო აქტიურ დესტრუქტორებად მიკროორგანიზმები უნდა იქნენ მიჩნეული, რადგან მათთვის დამახასიათებელია სწრაფი ზრდის ტემპი, ადაპტაციის მაღალი უნარი და - ბიოპოლიმერების დამშლელი ფერმენტების ფართო სპექტრი. სრულიად განსხვავებული სურათი გვაქვს, როდესაც საქმე გარემოდან არაორგანული ნივთიერებების, მაგალითად, მძიმე მეტალების მოცილებას ეხება.

ცნობილია, რომ მიკროორგანიზმების სხვადასხვა ტაქსონომიური ჯგუფების წარმომადგენელს, შეუძლია, დიდი რაოდენობით შეიტანოს და უჯრედის შიგნით დააგროვოს მძიმე ლითონები. ისინი ხშირ შემთხვევაში, ამ ლითონებს დაჟანგვის ხარისხსაც უცვლიან, მაგრამ როგორც კი დადგება ლიზისის (სიკვდილის) ფაზა, მათი უჯრედი დაიშლება და ეს ლითონები ისევ ნიადაგში აღმოჩნდება.

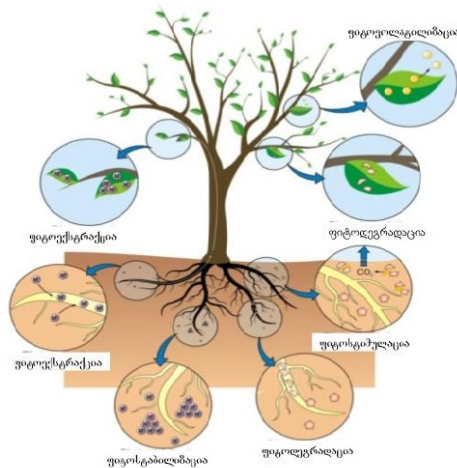
ამრიგად, მძიმე მეტალებითა და არაორგანული ნაერთებით დაბინძურების შემთხვევაში მცენარეს ალტერნატივა არ გააჩნია: მცენარე, ფესვური სისტემით საკვებ კომპონენტებთან ერთად ნიადაგიდან მძიმე ლითონებსაც ითვისებს. შემდგომში ეს ელემენტები ტრანსპორტირდება მცენარის მიწისზედა ორგანოებში და ამრიგად, ამ გზით ნიადაგი და წყალსატევი იწმინდება ტოქსიკანტისგან.

ზოგიერთ მცენარეს, მაგ. სერეპტულ მდოგვს - *Brassica juncea* -ს უჯრედსა და უჯრედშორის სივრცეში 1-დან 1,7%-მდე თუთიის დაგროვება შეუძლია (მშრალ წონაზე გადაანგარიშებით), ხოლო ჯვაროსანთა ოჯახის მცენარე *Alyssum bertolonii* ფოთლებში 1%-მდე ნიკელს აგროვებს. მცენარეთა ეს უნიკალური თვისება თანამედროვე ეკოლოგიური ფიტობიოტექნოლოგიების საფუძვლად იქცა.

ფიტორემედიაციული ტექნოლოგიების მეთოდები

- ფიტოექსტრაქცია
- რიზოფილტრაცია
- რიზოდეგრადაცია
- ფიტოდეგრადაცია
- ფიტოსტაბილიზაცია
- ფიტოვოლატიზაცია
- ჰიდრავლიკური კონტროლი
- “მწვანე ფილტრი“
- კომპლექსური მეთოდები
- და სხვ.

მიკრობული რემედიაციის მსგავსად, ამა თუ იმ ეკოტექნოლოგიის გამოყენებამდე, ჯერ უნდა ჩატარდეს ფიტორემედიაციისთვის გამიზნული ობიექტის საგულდაგულო ანალიზი და დადგინდეს შემდეგი ფაქტორები: 1) დაზინძურებული ობიექტის კატეგორია (ნიადაგი, წყალსატევი, ქიმიური საწარმოს მიმდებარე ტერიტორია, ყოფილი სამხედრო პოლიგონიდან სხვ. 2) განისაზღვროს ტოქსიკანტის ტიპი და კონცენტრაცია; 3) ნიადაგში ტოქსიკანტის შეღწევის სიღრმე და სხვ. მხოლოდ ამის შემდეგ ხდება რემედიაციული ტექნოლოგიის შერჩევა, რომელიც დაფუძნებული იქნება მოცემული ტოქსიკანტის დეგრადაციის უნარიანი მცენარეებისა და მიკროორგანიზმების გამოყენებაზე.



ფიტორემედიაციული ტექნოლოგიების უპირატესობები:

1) მაღალი ეფექტურობა სხვადასხვა ქიმიური სტრუქტურის დამაზინძურებლის მიმართ. ფიტორემედიაციული მეთოდებით, პრაქტიკულად, ყველა ტიპის ტოქსიკანტი, შეიძლება იქნას მოცილებული გარემოდან;

2) **უნივერსალურობა** გასასუფთავებელი ობიექტის მიმართ-მცენარეს შეუძლია ტოქსიკური ნაერთის შთანთქმა ნებისმიერი ეკოლოგიური ნიშიდან (წყალი, ნიადაგი, ჰაერი). ამჟამად არსებული ეკოტექნოლოგიები (ქიმიური, ფიზიკური და მექანიკური) ეფექტურია მხოლოდ ლოკალური მნიშვნელობის კონკრეტულ შემთხვევებში (ავარიები, კატასტროფები და ა.შ). ძალიან ხშირად იქმნება არახელსაყრელი ეკოლოგიური სიტუაცია, სადაც გლობალური ჩარევის საშუალება მხოლოდ მცენარეებს გააჩნიათ;

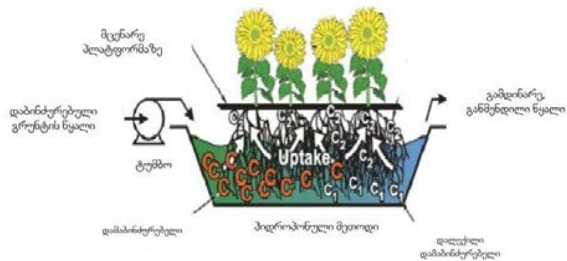
3) **in situ მოქმედება** უშუალოდ დაბინძურების ადგილზე. ცნობილია, რომ რემედიაციული ტექნოლოგიები, ძირითადად *ex-situ* პირობებში ტარდება, რაც მოითხოვს ნიადაგის ექსკავაციას, ტრანსპორტირებას, სპეციალურ რეაქტორებში ჩატვირთვას, ან- ნაკვეთებზე განთავსებას. ცხადია, ამ მანიპულაციებით მნიშვნელოვნად ირღვევა ნიადაგის სტრუქტურა. გადამუშავების შემდეგ ვეღარ ხერხდება მისი სრულფასოვანი აღდგენა, რადგან ნიადაგის სტრუქტურის ჩამოყალიბებას წლები სჭირდება. ეს ტექნოლოგია, შესაბამისად, ძვირადღირებულიცაა.

4) **სიიაფე-** მცენარეები გარემოს ასუფთავებენ ყოველგვარი ენერგეტიკული და მატერიალური დანახარჯების გარეშე, რაც გახლავთ ფიტორემედიაციული სისტემების უდიდესი უპირატესობა სხვა ტექნოლოგიებთან შედარებით. არსებული მონაცემებით, 50 სმ -ის სიღრმეზე, ვერცხლისწყლით დაბინძურებული ერთი აკრი (0,4 ჰა) ნიადაგის ფიზიკო-ქიმიური ტექნოლოგიით აღდგენა 400 000-დან 1 700 000 აშშ\$ ჯდება, მაშინ როდესაც ფიტორემედიაციული ტექნოლოგიით იგივე პროცედურა მხოლოდ- 60000-დან 100000\$-მდე. ფასში სხვაობა ძალიან თვალსაჩინოა!

5) **ფიტორემედიაცია თავისი არსით ერთდროულად წარმოადგენს რემედიაციულ, პრევენციულ და პროფილაქტიკურ ღონისძიებას.**

რიზოფილტრაცია

ამ მეთოდს, ძირითადად, იყენებენ გრუნტის, ჩამდინარე და ზედაპირული ჩანარეცხი წყლების, ასევე ბუნებრივი და ხელოვნური წყალსატევების გასაწმენდად. მეთოდი ძალზედ ეფექტურია მძიმე მეტალებითა და რადიონუკლიდებით დაბინძურებული წყლიანი გარემოს რემედიაციისთვის. რიზოფილტრაციის არსს მცენარის მიერ ხსნარში არსებული დამბინძურებლის ადსორბცია ან მისი ფესვებზე დალექვა წარმოადგენს. ამ მეთოდისთვის დამახასიათებელია ის, რომ ფესვზე ადსორბირებული (ან დალექილი) ტოქსიკანტის შეღწევა მცენარის ორგანიზმში ან საერთოდ არ ხდება, ან ძალიან უმნიშვნელო რაოდენობით. ტექნოლოგიის დიდ უპირატესობას მისი განსაკუთრებული სიიაფე წარმოადგენს. **1000 ლიტრი დაბინძურებული წყლის გაწმენდა სულ რაღაც 1,3 \$ ჯდება!**



განსაკუთრებით ეფექტურია ე.წ. “ფლოტის“ მეთოდი, როდესაც წყლის გასასუფთავებლად ხმელეთის მცენარეებს იყენებენ. ამ დროს, მცენარე თავსდება სპეციალურ მოტივტივე პოლტფორმაზე და მისი საშუალებით დაცურავს წყლის ზედაპირზე. რიზოფილტრაციის ეს მეთოდი, სადაც ძირითად კულტურას მზესუმზირა წარმოადგენდა, წარმატებით იქნა გამოყენებული ჩერნობილის კატასტროფის შემდეგ, რადიონუკლიდებით დაბინძურებული წყალსატევების გასაწმენდად.



“ფლოტის“ მეთოდი,

რიზოფილტრაციაში გამოყენებული მცენარეები მრავალგვარია, თუმცა უპირატესობა ენიჭებათ გრილი და თბილი სეზონის, ტენის მოყვარულ ხმელეთის მცენარეებს, რომლებიც აღჭურვილი არიან სწრაფმზარდი ფესვებითა და ფართო ფოთლებით:



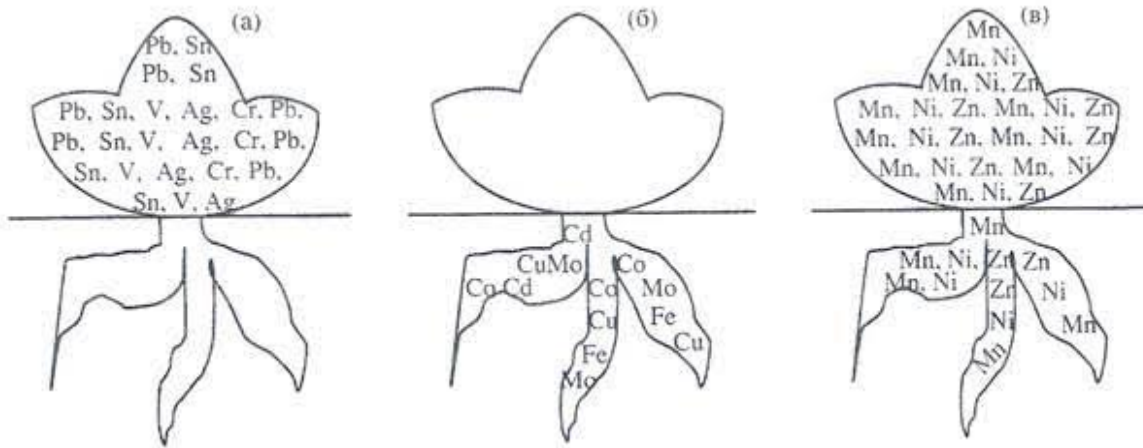
Phaseolus coccineus – U



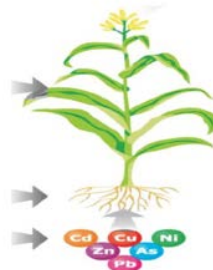
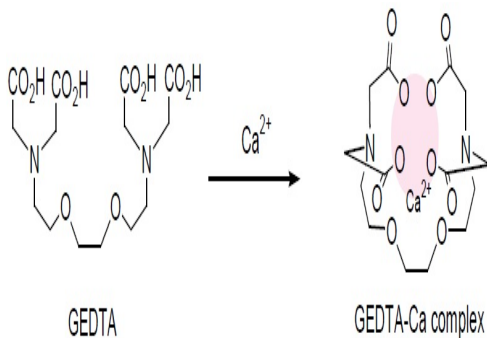
Brassica juncea- Pb, Cd, Cr(VI), Zn, Ni, Ce, Sr.

ფიტოექსტრაქცია

ეს ტექნოლოგია გამოიყენება მძიმე ლითონებითა და რადიონუკლიდებით დაბინძურებული ნიადაგებისა და წყალსატევების გასაწმენდად (როზოვილტაციისგან განსხვავებით, რომელიც მხოლოდ წყლიან გარემოშია ეფექტური). ტექნოლოგიის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ მცენარე საკვებ ნივთიერებებთან ერთად ნიადაგიდან შთანთქავს როგორც ორგანულ, ასევე არაორგანულ ტოქსიკანტებს. ეს ნივთიერებები რჩება ფესვებში, ან მიიწევს ზევით და ტრანსპორტირდება მცენარის მიწისზედა ორგანოებში: ჩალაგდება ღეროში, ან ფოთლებში, ან სულაც თანაბრად გადანაწილდება მცენარის ყველა ორგანოში.



როგორ აღწევნ უხსნადი მძიმე მეტალები მცენარეში? როგორც წესი, ნიადაგში მოხვედრისას, მძიმე ლითონები უკავშირდებიან მიწის ნაწილაკებს. ფესვი ვერ შთანთქავს ამ ფორმით არსებულ მეტალებს, ამიტომ თავდაპირველად, უნდა მოხდეს ტოქსიკანტის განცალკევება ნიადაგის არაორგანული და ორგანული კომპონენტებისგან (მეტალები უნდა გადავიდნენ ხსნად ფორმაში). ამ პროცესში მთავარ როლს ასრულებს ფესვის მიერ გამოყოფილი ნივთიერებები - ექსუდატები, რომლებიც სხვადასხვა ნაერთებთან ერთად უჯრედგარე ფერმენტებსაც შეიცავს. ექსუდატების ზოგიერთი ფერმენტი მეტალებთან წარმოქმნის ხელატებს. მცენარის ფესვისთვის კი ხელატი უკვე მისაწვდომ კომპლექსს წარმოადგენს.



მცენარის ზრდისა და ვეგეტაციის პროცესების დასრულების შემდეგ, მიწისზედა ორგანოები, სადაც უკვე ლოკალიზებულია ნიადაგიდან შთანთქმული ტოქსიკანტი, ცალკეედება (ეჭრება მცენარეს) და ექვემდებარება შემდგომ გადამუშავებას.

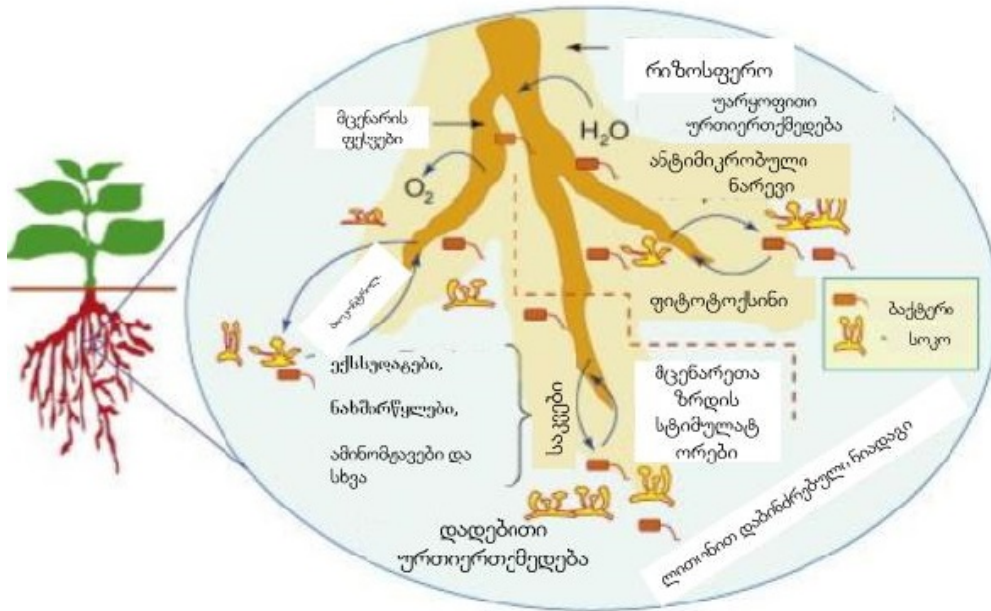
ფიტოექსტრაქციაში გამოყენებული მცენარეებია:



Thlaspi caerulescens- Ni, Zn *Brassica juncea* – Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Sr, B, Se; *Medicago sativa* – Pb, Zn, Hg, Ni; *Populus spp.* - As, Cd .

რიზოდეგრადაცია

მცენარე არაპირდაპირი გზითაც შეიძლება, მონაწილეობდეს ფიტორემედიაციულ პროცესებში. ამის თვალსაჩინო მაგალითს რიზოდეგრადაცია წარმოადგენს. ეს გახლავთ ტექნოლოგია, რომელიც შექმნილია და რეალიზებული თავად ბუნების მიერ და მცენარისთვის ერთგვარ დამცავ ფარს წარმოადგენს. რიზოდეგრადაციის პროცესში ტოქსიკანტის გაუვნებელყოფა ძირითადად, ხდება რიზოსფეროს მიკროფლორის მიერ. რიზოსფერო წარმოადგენს მიკროორგანიზმებით მდიდარ, ნიადაგის თხელ ფენას (1-2მმ), რომელიც უშუალო კონტაქტშია მცენარეთა ფესვებთან. რიზოდეგრადაციის ტექნოლოგიას მიმართავენ ნავთობის ნახშირწყალბადებით, მაზუთით, მინერალური ზეთებით, პან-ითა და ჰერბიციდებით დაბინძურებული ნიადაგისა და თიხნარის გასაწმენდად.



ფიტოდეგრადაციისაგან განსხვავებით, რიზოდეგრადაციის პროცესში, ტოქსიკანტის გაუვნებელოება მიმდინარეობს მცენარის გარეთ, ფესვთა ზონაში და არ ხდება ქსენობიოტიკის (ან მისი გარდაქმნის პროდუქტის) ტრანსლოკაცია მცენარეში. ხშირ შემთხვევაში რიზოსფეროს მიკროორგანიზმები მთლიანად ანადგურებენ დამაბინძურებელს. ცნობილია, რომ ცხოველმოქმედების პროცესში მცენარის ფესვები ნიადაგში აქტიურად გამოყოფს უჯრედული ნაერთების მთელ სპექტრს - ე.წ. ექსულდატებს (ფერმენტებს, ნახშირწყლებს, ამინომჟავებს, ორგანულ მჟავებს, ზრდის სტიმულატორებს, ნუკლეოტიდებს, მეორად მეტაბოლიტებს და სხვ.) მცენარეული წარმოშობის ეს ნაერთები მდიდარ საკვებს წარმოადგენს რიზოსფეროს მიკროორგანიზმებისთვის. შედეგად, „მომღიერებელი“ მიკროორგანიზმები რიზოსფერულ ზონაში ტოქსიკური ნაერთების აქტიურ დეგრადაციას იწყებენ. მიკროორგანიზმებს ამ საქმეში მცენარის ექსულდატების ფერმენტებიც ეხმარებიან, რომლებიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ სხვადასხვა ქიმიური სტრუქტურის დეტოქსიკაციის პროცესში.

რიზოდეგრადაციის პროცესში გამოყენებადი მცენარეებია:



Agropyron desertorum
პენტატელორფენოლი



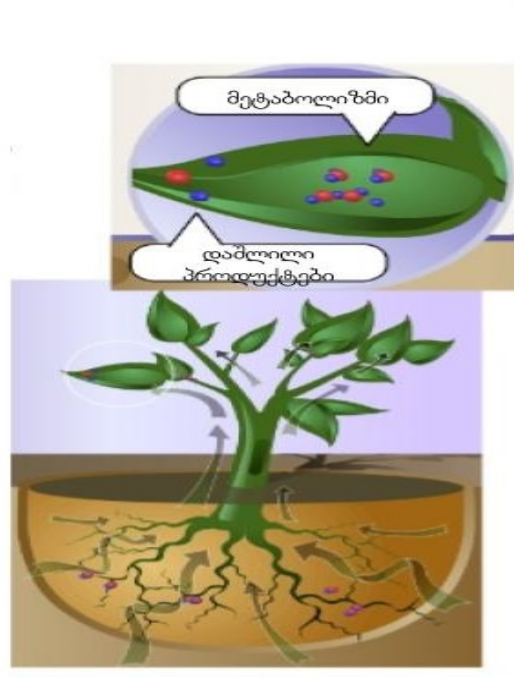
Phaseolus vulgaris
პარათიონი



Populus deltoides
ბენზოლი, ტოლუოლი, ქსილოლი.

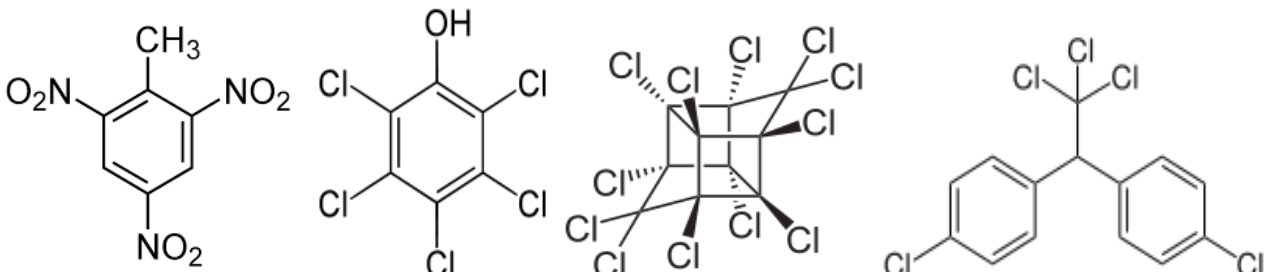
ფიტოდეგრადაცია

ამ ტექნოლოგიას ფიტოტრანსფორმაციასაც უწოდებენ. ეს გახლავთ ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი და ძირითადი ფიტოტექნოლოგიური პროცესი, რომელიც ეფუძნება თავად მცენარის უნარს: მცენარე საკუთარი ფერმენტული სისტემების (უპირატესად ჟანგვითი ფერმენტების) წყალობით, იწყებს ქსენობიოტიკის ჟანგვას, ან აღდგენას ან ჰიდროლიზს, რაც საბოლოოდ, უჯრედშიგა შუალედური პროდუქტის (კონიუგატების) წარმოქმნით ან ტოქსიკანტის სრული მინერალიზაციით მთავრდება.



ფიტოდეგრადაციული ტექნოლოგიები განსაკუთრებით ეფექტურია იმ შემთხვევებში, როდესაც გარემო დაბინძურებულია ტოქსიკანტის მაღალი კონცენტრაციით, ხოლო ნიადაგის მიკროფლორა უძლურია და ვერ ამცირებს მის რაოდენობას. ეს მეთოდი წარმატებით გამოიყენება დიდი ფართობის ნიადაგების გასასუფთავებლად ისეთი დამბინძურებლებისგან, როგორცაა პენტაქლორფენოლი, სხვადასხვა კლასის ჰერბიციდები, ფეთქებადი ნიტრო-ნაერთები, პან და სხვ.

ტოქსიკანტის გარდაქმნის პროცესში, ზოგჯერ, ისეთი შუალედური პროდუქტი წარმოიქმნება, რომელიც უფრო მეტად ტოქსიკურია, ვიდრე საწყისი ქსენობიოტიკი, ამიტომ ამ გარემოების გათვალისწინებას არსებითი მნიშვნელობა აქვს რამედიაციული ტექნოლოგიის შემუშავების დროს.



ფიტოდეგრადაციის ტექნოლოგიის გამოყენებისას განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა ნიადაგის მორწყვასაც. ორგანული ტოქსიკანტი, როგორც წესი, ადსორბირებულია ფესვზე, რაც თავის მხრივ, ხელს უშლის მცენარის მიერ მის შეწოვას. ფესვების გამორეცხვის მიზნით, რეკომენდირებულია ნიადაგის ხშირი მორწყვა: ამ დროს წყალთან ერთად შეიწოვება ორგანული დამაბინძურებელიც, ბუნებრივია, რაც უფრო მეტ წყალს იწოვს მცენარე, მით უფრო ეფექტურად ხდება ტოქსიკანტის შეღწევა მცენარეში და მისი შემდეგომი დეგრადაცია.

ფიტოდეგრადაციის პროცესში გამოყენებადი მცენარეები

ფიტოდეგრადაციული თვისებები მეტ-ნაკლებად ყველა მცენარეს ახასიათებს, თუმცა დეტოქსიკაციის საუკეთესო უნარი პრაქტიკაში აღმოაჩნდათ: ერთწლიან მცენარეებს: შვრიას, პირშუშხასა და იონჯას; ხემცენარეებს: მუხას, ალვის ხეს, კვიპაროსსა და ტირიფს და ასევე ზოგიერთ წყალმცენარეს.

Festuca arundinacea

ჰერბიციდები, ტრიქლორეთილენი, *TNT*, პან, პოლიქლორირებული ბიფენოლები



Juncus roemerianus

ნავთობის ნახშირწყალბადები

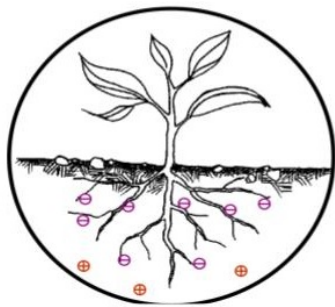
Heteranthera dubia – *TNT*

ტრიქლორეთილენი, ფენოლები.

ფიტოდეგრადაციის ეფექტურობაზე უდიდეს გავლენას ახდენს რიზოსფეროს მიკროორგანიზმთა დეტოქსიკაციური აქტივობა. დღეს, ტოქსიკური ნაერთების გარდაქმნა და სრული დეგრადაცია განიხილება, როგორც ბიოდეგრადაციული (მიკროორგანიზმებით) და ფიტორემედიაციული (მცენარეებით) პროცესების ერთობლივი, თანამედროვე ტექნოლოგია. ის ემყარება მცენარეებისა და რიზოსფერული მიკროორგანიზმების სინერგისტულ მოქმედებას. ხშირ შემთხვევაში, თავდაპირველად ტოქსიკანტის რთულად დეგრადირებად, სტაბილურ სტრუქტურაზე, შეტევას რიზოსფეროს მიკროორგანიზმები იწყებენ. ამ მხრივ, განსაკუთრებული წვლილი მიუძღვით მერქნის თეთრი ლპობის გამომწვევ, უმაღლეს ბაზიდიალურ სოკოებს, რომლებიც აწარმოებენ ლიგნინის ტიპის ფენოლური ნაერთების მოდიფიკაციას და ხელს უწყობენ მათ შეღწევას მცენარეში. ცნობილია, რომ წითელბალახა აქტიურად იწოვს ბაქტერიული შტამის მიერ ნაწილობრივ გარდაქმნილ ტნტ-ს მეტაბოლიტს. თანამედროვე ფიტორემედიაციის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ამოცანას მცენარისა და მიკროორგანიზმის ამგვარი კონსორციუმების ძიება და შექმნა წარმოადგენს.

ფიტოსტაბილიზაცია

ეს მეთოდი გულისხმობს ტოქსიკანტის გადაყვანას ისეთ ნაერთში, რომელსაც საგრძნობლად ნაკლები მვრადობა (რეაქციისუნარიანობა) და ნაკლები ტოქსიკურობა ახასიათებს. ტექნოლოგიას მიმართავენ მაშინ, როდესაც დამაბიძმურებლის მოცილება ფიტორემედიაციის სხვა მეთოდებით შეუძლებელია ან დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული. ამრიგად, ფიტოსტაბილიზაცია ემყარება მცენარის უნარს, ფესვის ექსუდატებით მოახდინოს ნიადაგში მოხვედრილი ტოქსიკანტის სტაბილიზაცია - არაქტიურ ფორმაში გადაყვანა და დელექვა. ფიტოსტაბილიზაციის შედეგად ნიადაგში მცირდება მძიმე მეტალის გავრცელება და შესაბამისად, მცენარეში მისი მოხვედრის ალბათობაც.



ფიტოსტაბილიზაცია

ამ ტექნოლოგიის ნაკლი გახლავთ ის, რომ ტოქსიკანტი პასიური ფორმით მაინც რჩება გარემოში, რის გამოც ნიადაგი მუდმივ ზედამხედველობას მოითხოვს. კერძოდ, მძიმე მეტალების სტაბილურ ფორმაში გადასაყვანად (ლითონების ფუძეებში ან ფუძე მარილებში) საჭირო ხდება ნიადაგის პერიოდული შეტუტიანება.

ფიტოსტაბილიზაციის პროცესში გამოყენებადი მცენარეებია:



ვერბი



Populus-ის გვარის წარმომადგენლები



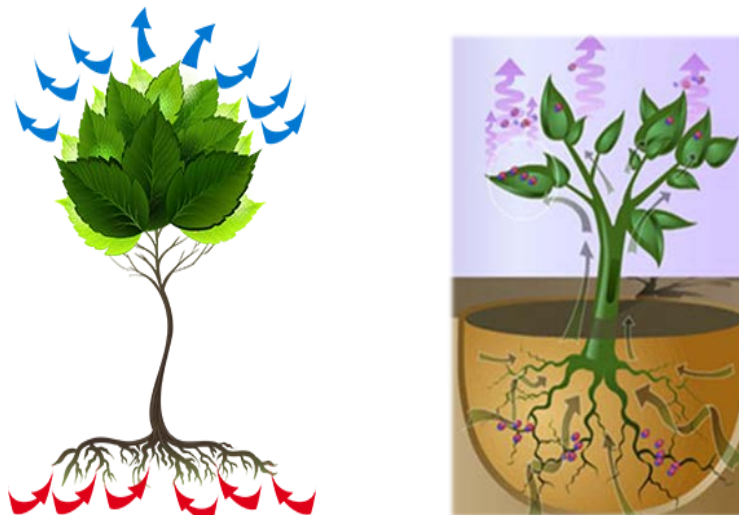
სარეპტული მდოგვი

ფიტოვოლუტიზაცია

მცენარეთა უნიკალურ თვისებებზე - გაზთა ცვლისა და აორთქლების (ტრანსპირაციის) უნარზე დაფუძნებულ ტექნოლოგიას წარმოადგენს.

ფიტოვოლუტიზაციის არსი მდგომარეობს შემდეგში:

1. თავდაპირველად, ნიადაგიდან ან წყალსატევიდან მცენარე ფესვების საშუალებით ახორციელებს ტოქსიკანტის ექსტრაქციას;
2. შემდეგ, შთანთქმული ტოქსიკანტი მცენარის ორგანიზმში გარდაიქმნება ნაკლებად ტოქსიკურ ან არატოქსიკურ აქროლად ნაერთად;
3. გარდაქმნილი ნაერთი ტრანსპირაციის ნაკადით (აორთქლებით) გადაიტანება ფოთლებში, რასაც თან სდევს აირის სახით მისი გამოყოფა ატმოსფეროში;



ამრიგად, ფიტოვოლათიზაციის პროცესი ემყარება ტოქსიკანტის აორთქლებას ფოთლების საშუალებით. მიუხედავად იმისა, რომ ფოტოვოლათიზაციის დროს, დამაბინძურებლის სტრუქტურა, ძალიან ხშირად უცვლელი რჩება, ზოგჯერ კი ნაკლებად ტოქსიკურ ფორმად ტრანსფორმირდება, ამ ტექნოლოგიის უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ დამაბინძურებლები გაცილებით უკეთ იშლება ატმოსფეროში, ვიდრე-ნიადაგში.

მეთოდი ეფექტურად გამოიყენება წყალსატევების, ჩამდინარე წყლების, ნიადაგისა და თიხნარის გასასუფთავებლად. ფიტოვოლათიზაციას ექვემდებარება როგორც აქროლადი ქლორორგანული ნაერთები (ფენოლი, ტრიქლორეთილენი, ტეტრაქლორეთილენი, ტეტრაქლორმეთანი და სხვ.), ასევე არაორგანული ელემენტებიც: სელენი, დარიშხანი, და გარკვეულ შემთხვაში-ვერცხლისწყალიც. უნდა აღინიშნოს, რომ პრაქტიკულად არ არსებობს ისეთი მცენარე, რომელიც დამოუკიდებლად გაუმკლავდებოდა ვერცხლისწყალს.

დღეს, გენური ინჟინერიით უკვე მიღებულია გენმოდულირებული მცენარე, რომელსაც კლონირებული აქვს ბაქტერიის გენი. ეს უკანასკნელი ვერცხლისწყლის აღდგენით ხასიათდება. რაც შეეხება სელენს, ის მცენარის რედუქტაზებით გადაიყვანება აქროლადი ნაერთის ფორმაში და ტრანსპირაციული პროცესის მეშვეობით აირის სახით გამოიყოფა ატმოსფეროში.

ფიტოვოლატიზაციის პროცესში ეფექტურად გამოყენებული მცენარეები:



ვერხვის ჰიბრიდები



ალვის ხე



აკაცია



სარეველები



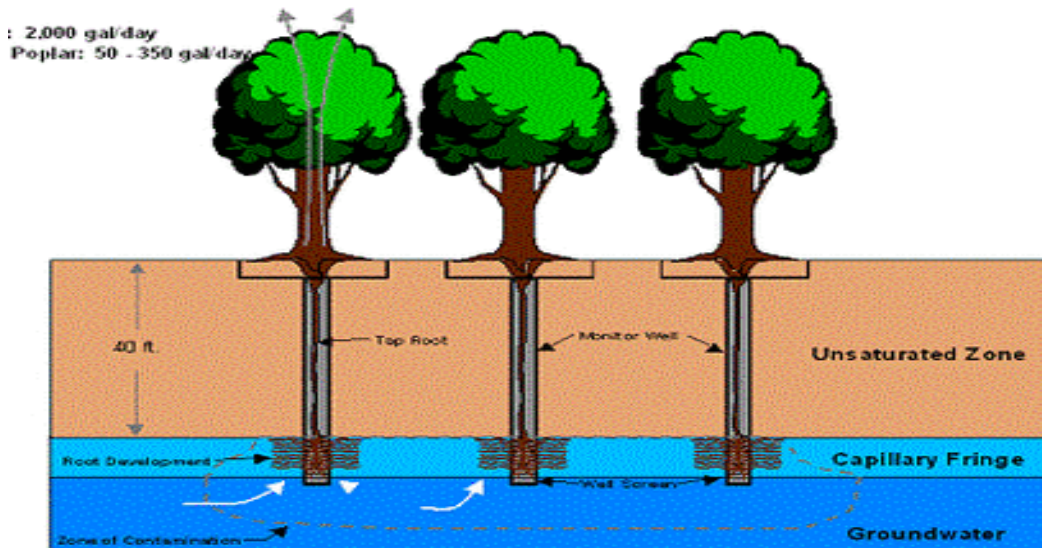
ტირიფი



იონჯა

ფიტოჰიდრავლიკა

მცენარეების მიერ წყლის დონისა და ტოქსიკანტების შემცველობის ჰიდრავლიკურ კონტროლს ფიტოჰიდრავლიკას უწოდებენ. ეს მეთოდი სასიცოცხლო მნიშვნელობის გრუნტის წყლების გაწმენდას ემსახურება. ამ მიზნით გამოიყენება ძლიერი ფესვთა სისტემის ხემცენარეები, რომლებიც წყალთან ერთად გრუნტიდან ისრუტავენ სხვადასხვა ორგანულ და არაორგანულ ტოქსიკანტებს. გრუნტის წყლების გასუფთავების თვალსაზრისით ძალიან “გამართლა“ ალვის და არყის ხეებმა, ასევე-ტირიფმა, ეკვალიპტმა.



ამ ტექნოლოგიის ეფექტურობა მთლიანად დამოკიდებულია ლოკალურ კლიმატზე: ზამთარში ფოთლოვნების ფიზიოლოგიური აქტივობა მცირდება, შესაბამისად, მცირდება მათ მიერ ტოქსიკური ნაერთების ტრანსპორტისა და მეტაბოლიზმის პროცესები.

ფიტოჰიდრავლიკაში გამოყენებული მცენარეები:



ვერხვი



არყის ხე



ტირიფი



ეკალიპტი

რა უნდა გავითვალისწინოთ კონკრეტული ფიტორემედიაციული მეთოდის შერჩევასა?

თავდაპირველად აუცილებელია განისაზღვროს:

1. დამაბინძურებლის ტიპი;
2. მისი კონცენტრაცია;
3. დაბინძურების სიღრმე და ფართობი;
4. ნიადაგის ტიპი;
5. ნიადაგის სტრუქტურა;
6. ნიადაგის pH;
7. მარილის შემცველობა ნიადაგში;
8. ლითონთა კონცენტრაცია ნიადაგში;
9. ბიორემედიაციული პროცესების განმავლობაში ნალექების შესაძლო რაოდენობა.

მხოლოდ ამ პარამეტრების დადგენის შემდეგ ხდება ფიტორემედიაციული მეთოდის დადგენა და შესაბამისი მცენარის შერჩევა.

ფიტორემედიაციული ტექნოლოგიის ობიექტი- მცენარე შემდეგ მოთხოვნებს უნდა აკმაყოფილებდეს:

1. ტოლერანტობა ტოქსიკანტების მიმართ;
2. ტოლერანტობა შესაძლო ტემპერატურული ცვლილებების მიმართ;
3. გამძლეობა მავნებელი მწერების მიმართ;
4. ჰალოტოლერანტობა (მდგრადობა მარილის მაღალი კონცენტრაციების მიმართ);
5. გამძლეობა სხვა სტრეს ფაქტორების მიმართ;

განსაკუთრებით აუცილებელია, რომ მცენარე ფლობდეს ფიტორემედიაციულ პროცესებში მონაწილე ფერმენტებს და ფოთლების უჯრედშიგა სივრცეში ტოქსიკანტების დიდი რაოდენობით აკუმულირების უნარს. ფიტორემედიაციის თვალსაზრისით მცენარის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანეს ორგანოს წარმოადგენს ფესვი, რადგან სწორედ ფესვური სისტემით ხდება სხვადასხვა ტიპის ექსუდატების გამოყოფა. ტოქსიკანტების გარდაქმნის საწყისი ეტაპი ნიადაგსა და გრუნტის წყლებში სწორედ ამ ექსუდატების ფერმენტებით იწყება. ცხადია, ფესვის ტიპსა და ნიადაგში მის განტოტილობას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს რემედიაციის ეფექტურობისთვის. რიგ შემთხვევაში ფიტორემედიაციისთვის უმჯობესია მონოკულტურის გამოყენება, ზოგჯერ რამდენიმე მცენარის ერთდროული კულტივირება.

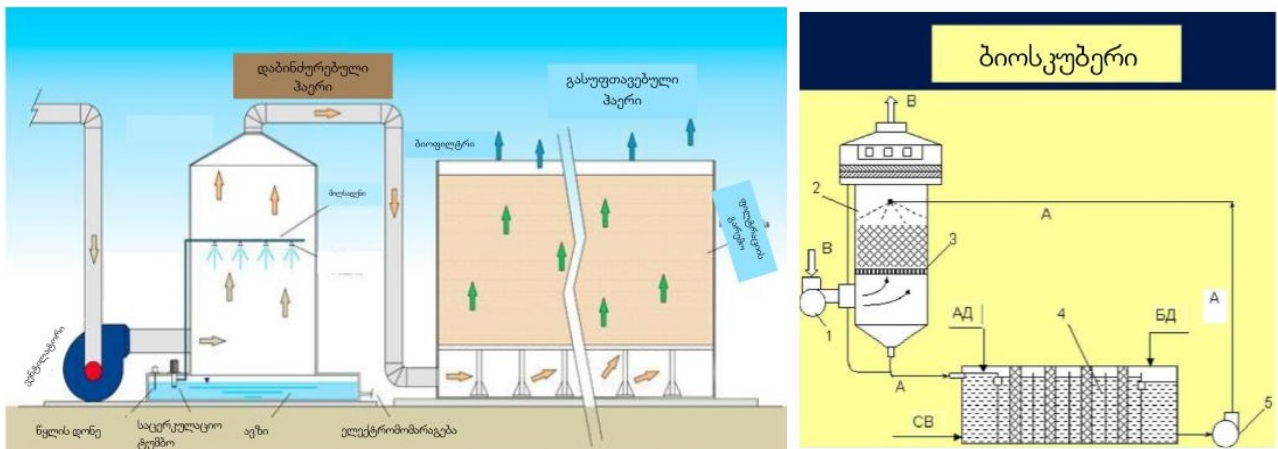
ატმოსფერული ჰაერის ბიორემედიაციული ტექნოლოგიები

ატმოსფერული ჰაერი გამოუღევედ ბუნებრივ რესურსს წარმოადგენს, რომელიც სიცოცხლის არსებობას უზრუნველყოფს დედამიწაზე. ჰაერში სხვადასხვა ფორმის ნივთიერებების (გაზების, მტვრის ნაწილაკების, ორთქლის, კვამლის და ა.შ.) რაოდენობის ისეთ გაზრდას, რომ მას მავნე ზემოქმედება შეუძლია ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ჰაერის დაბინძურება ეწოდება. ექსპერტების მონაცემებით, ეს გლობალური პრობლემა ყოველწლიურად ორი მილიონი ადამიანის ნაადრევ სიკვდილს იწვევს. მასვე უკავშირებენ კლიმატის ცვლილებას დედამიწაზე.

ჰაერის გაწმენდის თანამედროვე ეკოლოგიური სტრატეგიის მაგისტრალური მიმართულება გულისხმობს ისეთი ტექნოლოგიისა და გამწმენდი მოწყობილობის შექმნას, რომელიც მინიმუმამდე შეამცირებს ტოქსიკანტების რაოდენობას ატმოსფეროში. ჰაერის გაწმენდის ქიმიურ, მექანიკურ, ფიზიკურსა და ბიოლოგიურ ტექნოლოგიებს შორის უკანასკნელ პერიოდში უპირატესობა ბიოლოგიურს მიენიჭა.

მიკროორგანიზმებზე დამყარებული ატმოსფეროს რემედიაცია

პროცესი მიმდინარეობს სპეციალური კონსტრუქციის ბიორეაქტორებში, რომლებიც ბიოფილტრებითა და ბიოსკუბერებითაა აღჭურვილი. ბიოფილტრი შეიცავს მყარ საყრდენზე (ტორფზე ან სინთეზურ მასალაზე) იმობილიზებულ (დამაგრებულ) მიკროორგანიზმებს, რომლებიც ახორციელებენ ჰაერიდან ფილტრებზე ადსორბირებული ტოქსიკანტების დაშლას. ბიოსკუბერებში ტოქსიკანტები ჰაერიდან ადსორბირდებიან წყლიან ფაზაში, რომელიც შედის ბიორეაქტორში და იქ განიცდის მიკრობულ დეგრადაციას.



1- ვენტილატორი 2- ადსორბენტი (სკუბერი) 3-შემრევი ბადე 4-ბიორეაქტორი 5 -ტუმბო
 A- ადსორბენტი B -სავენტილაციო ჰაერი AD- დანამატები ადსორბციისთვის BD-ბიოაგენტები
 CB-შეკუმშული ჰაერი

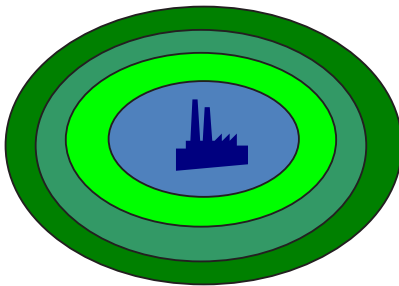
ატმოსფეროს გაწმენდის ფიტორემედიაციული სისტემები – „მწვანე ფილტრი“




ქ. თბილისში ატმოსფეროს ძირითად დამაბინძურებელს საავტომობილო სექტორი წარმოადგენს. ცნობილია, რომ ერთი მსუბუქი ავტომობილი წელიწადში დაახლოებით 4ტ. ჟანგბადს მოიხმარს, გადამუშავებული აირების სახით ჰაერში გამოიფრქვევა 800კგ. ნახშირორჟანგი, 40კგ.-მდე აზოტის ჟანგეულები, 200კგ. სხვადასხვა სახის ნახშირწყალბადი და მძიმე მეტალები. დამუშავებულ აირებთან ერთად ატმოსფეროში ხვდება ავტომანქანის მექანიკური ნაწილების და რეზინის საბურავების ცვეთის შედეგად წარმოქმნილი მეტალების შემცველი მტვერი (Mn, Cr, Ni, Zn, Ti, Cu), გზის საფარის კომპონენტები (ცემენტი, ასფალტის ნაწილაკები, საღებავი და სხვა).

ატმოსფეროს ფიტორემედიაცია მიკრობულ რამედიაციასთან შედარებით, ეკონომიურად გაცილებით მომგებიანია რადგან მიკროორგანიზმებისაგან განსხვავებით მცენარეებს არ ესაჭიროებათ სპეციალური კონსტრუქციის რეაქტორები და გამფილტრავი სისტემები: მწვანე საფარის დიდი ფართობი თავისთავად უზრუნველყოფს მცენარეთა საკმაო კონტაქტს ატმოსფეროს დამაბინძურებლებთან. დადგენილია, რომ მცენარეები ეფექტურად შლიან და ზღუდავენ ავტომობილების გამონაბოლქვებში არსებულ ტოქსიკურ კომპონენტებს (ნახშირორჟანგს, აზოტისა და გოგირდის ოქსიდებს). მათ ასევე შეუძლიათ აეროზოლების მტვრისა და კვამლის მიკრონაწილაკების შთანთქმაც. ატმოსფეროს ისეთი დამაბინძურებლები, როგორცაა სამრეწველო კვამლის არომატული ნახშირწყალბადები: ბენზოლი და ტოლუოლი, აქტიურად შთანთქმება მცენარის მიწისზედა ორგანოების მიერ.

ატმოსფეროს ბიოლოგიური გაწმენდის ყველაზე ეფექტურ საშუალებად „მწვანე ფილტრია“ მიჩნეული. ამ ეკოტექნოლოგიაში გადამწყვეტი მნიშვნელობა მცენარეთა სახეობების შერჩევას ენიჭება. განსაკუთრებული პოპულარობით სარგებლობს სამიარუსიანი „მწვანე ფილტრი“, რომლის პირველი რიგი წარმოდგენილია ბალახოვანი მცენარეებით, მეორე-ბუჩქოვანი, ხოლო მესამე რიგს, ძირითადად, ხემცენარეები ქმნის.

დაბინძურების კერები



-  ბალახოვანი მცენარეები
-  ბუჩქოვანი მცენარეები
-  ხე-მცენარეები

„მწვანე ფილტრის“ ასეთი სტრუქტურაში გათვალისწინებულია ის გარემოება, რომ ჰაერის ტოქსიკური ნაერთები, ხვედრითი წონის მიხედვით დაბალ სიმაღლეზე (1,5 მ) კონცენტრირდებიან და შესაბამისად კონტაქტირებენ უფრო დაბალ მცენარეებთან.

დადგენილია, რომ 30 მ სიგანის ავტომაგისტრალის გასწვრივ გაშენებული, 5 რიგისგან შემდგარი „მწვანე ფილტრი“, სადაც 4 რიგს 70 სმ-იანი ბუჩქები ქმნიან, ხოლო მეხუთე რიგს 6-8 მეტრი სიმაღლის ხემცენარეები (მაგ.12 წლამდე ასაკის - მინდვრის ნეკერჩხალი, არყის ხე, თელა და სხვ), ჰაერში ნახშირორჟანგის შემცველობას 60-70%-ით ამცირებს. მსგავსი სისტემების შემუშავებისას არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება მცენარეთა სახეობების ზუსტ სელექციას დამაბინძურებლების აქტიურად შთანთქმისა და აკუმულაციის უნარის მიხედვით. ეკოზიოტექნოლოგიების შექმნისას ეს ფაქტორი შეიძლება, გადამწყვეტი აღმოჩნდეს!

არანაკლებ მნიშვნელოვანია ისეთი პარამეტრების გათვალისწინებაც, როგორცაა ნიადაგის ტიპი, ადგილის სპეციფიკურობა, ქარის მიმართულება და ძალა, დამბინძურებლის ტიპი, კონცენტრაცია და სხვა ფიზიკო-ქიმიური მახასიათებლები.

ატმოსფეროს გასაწმენდად, შეიძლება, გამოვიყენოთ შემდეგი მცენარეები:

➤ *სუსტი მშთანთქმელები*



Aloe sp.



Ficus carica



Rhododendron ponticum

➤ *საშუალო მშთანთქმელები*



Fraxinus excelsior



Pinus eldarica



Thea sinensis

➤ *პლანტური მშთანთქმელები*



Acer campestre



Castanea sativa



Salix alba

ტრანსგენული მცენარეები ფიტორემედიაციისთვის

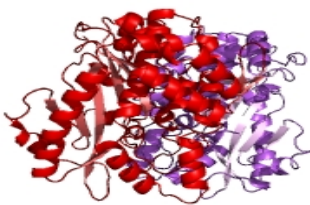
დღეს, ეკოლოგიური მიზნებისთვის მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში, გენური ინჟინერიით 100-მდე რეკომბინანტული მცენარეა შექმნილი. ტრანსგენულ მცენარეთა გამოცდა მიმდინარეობს მკაცრად კონტროლირებად, მცირე ზომის სასათბურე პირობებში. ამ მიმართულებით, პირველი ფართო მასშტაბიანი სავლელე კვლევები 2000 წელს ჩატარდა აშშ-ში. ცნობილია, რომ ფიტორემედიაციისთვის ეფექტურ ობიექტს ბუნებრივი ალვის ხე წარმოადგენს, დამახასიათებელი მძლავრი ფევსთა სისტემის წყალობით.

დღეს გენური ინჟინერიით მიღებულია ამ მცენარის რამდენიმე ათეული ტრანსფორმანტი. ერთ-ერთი ასეთი ტრანსგენული ალვის ხე ფიტორემედიაციისთვის მნიშვნელოვანი ფერმენტების არსებობით და ქლორაფტილური პესტიციდების მიმართ მდგრადობით გამოირჩევა.

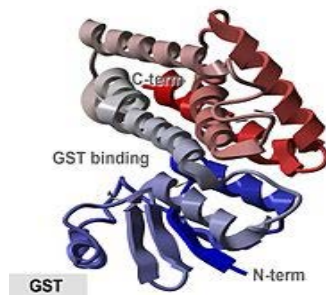
კლონირებული გენების პროდუქტები



ტრანსგენული ალვის ხე



გლუტამინციტინ სინთეტაზა



გლუტათიონ S ტრანსფერაზა



პენტაერთროლ-ტეტრანიტრატ რედუქტაზა

ტრანსგენული მცენარეების აღმონაცენები, რომლებიც მიიღეს ბაქტერიული გენის კლონირებით, გაცილებით სწრაფად აშორებდნენ ნიადაგს ნიტროჯგუფის ამაფეთქებლებს, ვიდრე-ველური მცენარეები, რომელთა ზრდაც ინჰიბირდება ამ ტოქსიკანტების არსებობით.

რაც შეეხება არაორგანულ ტოქსიკანტებს, სამწუხაროდ, ძალზედ მწირია ინფორმაცია მძიმე ლითონების მიმართ მცენარეთა ტოლერანტობის ზუსტი მოლეკულური მექანიზმების შესახებ. აღწერილია ტრანსგენური მცენარეები, რომლებიც ხასიათდებიან კადმიუმისა და ტყვიისადმი გაზრდილი ტოლერანტობით, რაც მათ სუპერაკუმულაციურ უნარზე მეტყველებს. ასევე, აღწერილია გენმოდიფიცირებული მცენარეები, რომლებიც სპილენძის გაორმაგებულ რაოდენობას შთანთქავენ.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ბაკურაძე ა., კვესიტაძე ე., ლაღანიძე დ. თანამედროვე ბიოტექნოლოგიის შესავალი: თბილისი 2009
2. გორდუზიანი მ., კვესიტაძე გ. ეკოლოგიის ქიმიური საფუძვლები, თბილისი 2000
3. კვესიტაძე გ., კვესიტაძე ე., ბიოტექნოლოგია. თბილისი. ს.პ.ს „ეტრეტი“ 2000
4. Abraham Esteve-Núñez, Antonio Caballero, and Juan L. Ramos. Biological Degradation of 2,4,6-Trinitrotoluene. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, September 2000, Vol. 65, No. 3, p. 335-352
5. Alexander M. 1994. *Biodegradation and Bioremediation*. Acad. Press, San Diego, Calif.
6. Andrea R. Clemente; Tania A. Anazawa; Lucia R. Durrant. 2001. Bioderadation of aromatic hydrocarbons by soil fungi. Departamento de Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil
7. Aust, S. D. P. R. Swaner J. D. Stahl. 2003. Detoxification and metabolism of chemicals by white-rot fungi. Pesticide decontamination and detoxification.
8. Ambrosini, Roberto; Ferrario, Claudia; Pittino, Francesca; Tagliaferri, Ilario; Gandolfi, Isabella; Bestetti, Giuseppina; Azzoni, Roberto S.; Diolaiuti, Guglielmina A.; Smiraglia, Claudio; Franzetti, Andrea; Villa, Sara Microbial degradation on glacier surface is the missing piece of environmental fate of pesticides in cold areas 19th EGU General Assembly, EGU, 2017
9. Ashoka C., Manjunath K. and Sullia S.B. 2000. Biological treatment of combined textile dye effluent. In : *Ecology of Fungi*, D.J.Bhat and S. Raghukumar (eds.), 63
10. Ahemad M, Khan MS (2012) Evaluation of plant growth promoting activities of rhizobacterium *Pseudomonas putida* under herbicide-stress. *Ann Microbiol* 62:1531–1540
11. Bayman P., Radkar G. V. (1997) Transformation and tolerance of TNT (2, 4, 6-trinitrotoluene) by fungi. *Int. Biodeter. Biodegr.* 39: 45-53.
12. Bennett J. W. and Faison B. D. 1997. Use of Fungi in Biodegradation. In: *Environmental Microbiology*, ASM Press, Washington
13. Blotevogel, K.-H., and T. Gorontzy. 2000. Microbial degradation of compounds with nitro functions, p. 274-302. In J. Klein (ed.), *Biotechnology*, vol. 11b. Environmental processes II. Wiley-VCH, Weinheim, Germany.
14. Bogan B. W., Lamar R. 1996. Polycyclic aromatic hydrocarbon-degrading of *Phanerochaete chrysosporium* HHB – 1625 and its extracellular ligninolytic enzymes. *Appl. Environ. Microbiol.* 62(5): 1597-1603.
15. Breivik, K. R. Alcock Y. Li R. E. Bailey H. Fiedler J. M. Pacyna. 2004. Primary sources of selected POPs: regional and global scale emission inventories. *Environmental Pollution* 128: 3-16. 26

16. Birnbaum L.S. 1994. The Mechanism of Dioxin Toxicity: Relationship to Risk Assessment // Environ. Health Perspect. - V.102, Iss.9. - P.157-167.
17. Bumpus J. A., Powers R. H., Sun T. 1993. Biodegradation of DDE (1,1-dichloro-2,2-bis(4-chlorophenyl)ethane) by *Phanerochaete chrysosporium*. Mycol Res 97:95-98
18. Bumpus J. A., and M. Tatarko. 1994. Biodegradation of 2,4,6-trinitrotoluene by *Phanerochaete chrysosporium*: identification of initial degradation products and the discovery of a TNT metabolite that inhibits lignin peroxidase. Curr. Microbiol. 28:185-190.
19. Cerniglia C. E. 1997. Fungal metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons: past, present and future applications in bioremediation. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 19: 324-333, 33
20. Chaudhry G. R. 1994. Biological Degradation and Bioremediation of Toxic Chemicals. Dioscorides Press, Portland, Oregon.
21. Craig H. and Sisk W. 1998. The Composting Alternative to Incineration of Explosives Contaminated Soils. EPA Tech Trends, November 5, 1998.
22. Crawford D. L., Crawford R. L. 1996. Bioremediation Principles and Applications. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 1-34.
23. Davis-Hoover W. 1994. Ex Situ Bioremediation of TNT, Dinoseb & Other Pesticides/Herbicides. EPA Tech Trends, August 1994.
24. Environmental Protection Agency. (EPA) 1995. J.R. Simplot Ex-Situ Anaerobic Bioremediation Technology: TNT. EPA Superfund Innovative Technology Evaluation (SITE) Capsule. EPA 540/R-95/529a. September
25. Environmental Protection Agency. (EPA) 1997. Innovative Uses of Compost; Composting of Soils Contaminated by Explosives. EPA Fact Sheet. EPA530/F-97/045. October 1997.
26. EPA US. 2000. Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin (TCDD) and Related Compounds. Path 1, V.2, - Washington, DC, EPA/600/P-00/001Ab. - 628p.
27. Esteve-Nunez A., Callaberol., Ramos J.L. (2001) Biological degradation of 2,4,6-trinitrotoluene. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 65, 335- 352
28. Haselhorst L. Bioremediation of 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT) at munitions sites. 2000. <http://horticulture.coafes.umn.edu/vd/h5015/99papers/haselhorst.htm> , p1-3
29. Introduction to Phytoremediation. 2000. EPA/600/R-99/170. February, 2000. www.epa.gov/svetriol/download/remed/introphyto.pdf.
30. Lau, K. L. Y. Y. Tsang S. W. Chiu. 2003. Use of spent mushroom compost to bioremediate PAH-contaminated samples. Chemosphere 52: 1539-46.

31. Levin, L. A. Viale A. Forchiassin. 2003. Degradation of organic pollutants by the white rot basidiomycete *Trametes trogii*. *International Biodeterioration & 11*
32. NATO. North Atlantic Treaty Organisation 1995. Cross-Border Environmental Problems Emanating from Defence-Related Installations and Activities, NATO/CCMS (Committee on the Challenges to Modern Society) /NACC (North Atlantic Cooperation Council) Pilot Study Summary, Final Report, Phase 1, Report No. 206.
33. Oliveira, B.R., Penetra, A., Cardoso, V.V. et al. *Environ Sci Pollut Res Biodegradation of pesticides using fungi species found in the aquatic environment (2015)*
34. Peres, C. M., and S. N. Agathos. 2000. Biodegradation of nitroaromatic pollutants: from pathways to remediation. *Biotechnol. Annu. Rev.* 6:197-220.
35. Pointing S. B. (2001) Feasibility of bioremediation by white-rot fungi. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 57: 20-33.
36. Reddy C.A. and Mathew, Z. 2001. Bioremediation potential of white rot fungi. *Fungi in bioremediation*. G. M. Gadd Cambridge, U.K.: Cambridge University Press
37. Ridhima Arya, Raman Kumar, Navnit Kumar, MishrAnil, Kumar-Microbial Flora and Biodegradation of Pesticides: Trends, Scope, and Relevance, *Advances in Environmental Biotechnology* , 2017, pp 243-263
38. Spain, J., J. B. Hughes, and H.-J. Knackmuss (ed.). 2000. Biodegradation of nitroaromatic compounds and explosives. Lewis Publishers, Boca Raton, Fla.
39. Spanggard, R. J., C. D. Yao, and T. Mill. 2000. Oxidation of aminodinitrotoluenes with ozone: products and pathways. *Environ. Sci. Technol.* 34:497-504
40. Sullia, S.B. (2000) Fungal Diversity and Bioremediation. Depart. of Microbiology & Biotechnology
41. Qureshi A, Mohan M, Kanade GS, Kapley A, Purohit HJ (2009) In situ bioremediation of organochlorine-pesticide-contaminated microcosm soil and evaluation by gene probe. *Pest ManagSci* 65: 798-804
42. Fuller, M. E., and J. Manning, Jr. 1997. Aerobic gram-positive and gramnegative bacteria exhibit differential sensitivity to and transformation of 2,4,6- trinitrotoluene (TNT). *Curr. Microbiol.* 35:77-83
43. Kvesitadze G. I. Enzymes of microscopic fungi cultures developing under extreme conditions. *A.N. Bach Ins. Biochemistry*, 1986, 17-19
44. NATO. North Atlantic Treaty Organisation 1995. Cross-Border Environmental Problems Emanating from Defence-Related Installations and Activities, NATO/CCMS (Committee on the Challenges to Modern Society) /NACC (North Atlantic Cooperation Council) Pilot Study Summary, Final Report, Phase 1, Report No. 206.
45. Peres, C. M., and S. N. Agathos. 2000. Biodegradation of nitroaromatic pollutants: from pathways to remediation. *Biotechnol. Annu. Rev.* 6:197-220.
- Pointing S. B. (2001) Feasibility of bioremediation by white-rot fungi. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 57: 20-33.

- 46.Reddy C.A. and Mathew, Z. 2001. Bioremediation potential of white rot fungi. Fungi in bioremediation. G. M. Gadd Cambridge, U.K.: Cambridge University Press
- 47.Spain, J., J. B. Hughes, and H.-J. Knackmuss (ed.). 2000. Biodegradation of nitroaromatic compounds and explosives. Lewis Publishers, Boca Raton, Fla.
- 48.Spangord, R. J., C. D. Yao, and T. Mill. 2000. Oxidation of aminodinitrotoluenes with ozone: products and pathways. Environ. Sci. Technol. 34:497-504.
- 49.Sullia, S.B. (2000) Fungal Diversity and Bioremediation. Depart. of Microbiology & Biotechnology
- 50.<https://ria.ru/spravka/20100413/221702234.html>
- 51.<https://ria.ru/spravka/20100413/221702234.html>
- 52.<http://chem21.info/info/260638/>
- 53.http://polyguanidines.ru/a_hlorgeksidin&hlor&10.htm
- 54.<http://www.ngpedia.ru/id516895p1.html>
- 55.<http://ekobalans.ru/investigations/xlor>
- 56.<http://el38.ru/articles/detail.php?ID=356>
- 57.http://mass-destruction-weapon.blogspot.com/2014/10/blog-post_15.html
- 58.<http://moskovskaya-medicina.ru/sovety/chem-vredna-hlorka-kak-izbezhat-vozdeystviya-hlora.html>
- 59.<http://www.globalextrade.ru/dizinfektsiya-pitevoj-vody/item/toksikologo-gigienicheskaya-otsenka-dioksida-khlora-kak-sredstva-obezzarazhivaniya-vody.html>
- 60.<http://am-am.su/471-e926-dioksid-hlora.html>
- <http://vkusnoblog.net/sostav/hlor>
- 61.http://kontren.narod.ru/x_el/info17.htm
- 62.<http://www.pharmacognosy.com.ua/index.php/makro-i-mikro-chudesakhlor-antiseptik-ili-provokator-raka>
- 63.<http://rak.flyboard.ru/topic746.html>
- 64.<http://www.alpha-being.com/zdorov-e/s2/hlorit-natriya/>
- 65.<http://ren.tv/novosti/2017-02-08/himicheskiy-vzryv-proizoshel-na-zavode-hlora-v-valensii>
- 66.<https://marsu.ru/science/libr/resours/ecofisiologia%20stressa/pages/4.4.htm>
- 67.<http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/avarii-na-himicheski-opasnyh-obektah.html>

68. <http://ru.tristel.com/about-us/chlorine-dioxide>

69. <http://konetssveta.ru/?p=2846>

70. http://ourbeautyhealth.com/index.php?option=com_content&view=article&id=53:2010-02-18-06-22-12&catid=37:cream&Itemid=55

71. <http://www.pharmacognosy.com.ua/index.php/makro-i-mikro-chudesa/khlor-antiseptik-ili-provokator-raka/khlor-dlya-rasteniya-vrag-gribkovykh-infektsij>

72. http://polyguanidines.ru/a_hlorgeksidin&hlor&9.htm

პროექტი „დავასუფთაოთ საქართველო - ფაზა III“ ხორციელდება
შვედეთის მთავრობის ფინანსური მხარდაჭერით



ECOLOGICAL AWARENESS
& WASTE MANAGEMENT



SWEDEN