

İSMAYİLOV N.M.

**NEFTLƏ ÇİRKƏNƏN MİŞ
TORPAQLARIN
VƏ QAZMA ŞLAMLARININ
TƏMİZLƏNMƏSİ**

BAKİ –2007

*Kitab Azərbaycan Respublikasının
Prezidenti zati-aliləri cənab İLHAM ƏLİYEVİN
2006-cı il 28 sentyabr tarixli «Azərbaycan Respub-
likasında ekoloji vəziyyətin yaxşılaşdırılmasına
dair 2006-2010-cü illər üçün Kompleks Tədbir Pla-
nı» sərəncamının 1-ci ilinə həsr edilir*

**N.M.İsmayılov. Neftlə çirklənmiş torpaqların və qazma şlam-
larının təmizlənməsi. – Bakı, «Təhsil» NPM, 2007, 168 səh.**

Kitabda neftlə çirklənmiş torpaqlarının, neft və qazma şamlarının təmizlənməsi üçün istifadə olunan əsas yanaşmalar və prinsiplər əks olunur. Abşeron yarımadasının əsas ekoloji vəziyyəti ekoloji indekslərin vasitəsilə hər tərəfli müəyyənləşdirilərək qeyd olunur ki, bu regionun ekoloji vəziyyətinin yaxşılaşdırmaq üçün ən əsas yollardan biri də neftlə çirklənmiş torpaqlarının təmizlənməsi və onların münbitliyinin bərpasıdır. Əsas diqqət çirklənmiş torpaqların və qazma şamların bioloji yolla təmizlənməsinin texnologiyalarının yolları və bu texnologiyaların əsas prinsipləri ətraflı göstərilmişdir. Qeyd olunur ki, biotəmizləmə torpaqlarda olan neft karbohidrogenləri parçalamağa qadir olan təbii mikroorqanizmlərə əsaslanır. Neftlə çirklənmiş torpaqlarının bioremediasiya zamanı tədqiqi geniş şəkildə verilmişdir. Biotəmizləmə proseslərdə ətraf mühitin – torpaqların, üst və yeraltı suların monitoringin əsas prinsipləri və yolları hər tərəfli əsaslandırmışdır.

Kitab tələbələr alimlər, müəllimlər, mütəxəssislər, ekoloji və sənaye müəssisələrin rəhbərləri üçün faydalı bilər.

I – 0033103
700122 -2007

© «Təhsil» NPM, 2007.

MÜNDƏRİCAT

Giriş.....	5
------------	---

FƏSİL 1. Abşeron sənaye regionunun ekologiya vəziyyəti.....	8
--	---

FƏSİL 2. Torpaqların və qazma şlamların təmizləməsi üsulları.....	22
2.1. Rekultivasiya proseslərinin idarəetmə prinsipləri.....	30
2.2. Neft borularının tikilməsi zamanı və onların üzülməsi nəticəsində əmələ gələn torpaqların rekultivasiya prinsipləri.....	32
2.3. Bioremediasiya – əsas yanaşmalar.....	33
2.4. Bioremediasiya işlərinin aparılmasının mahiyyəti.....	54
2.5. Qalıq neft məhsullarının çıxarılması ilə rekultivasiya.....	62
2.6. Fermentasiya sahəsi (fermentation fields).....	67
2.7. Torpaqlarda aparılan biokompostlaşdırılmanın texnologiyası.....	86
2.8. Bioremediasiyanın fitomeliroativ mərhələsi.....	87
2.9. Bioremediasiya prosesin monitoring sistemi.....	90

FƏSİL 3. Neftlə çirklənmiş torpaqların tədqiq edilməsi üsulları.....	93
3.1. Neftlə çirklənmiş torpaqların monitoringin bəzi prinsipləri.....	93
3.2. Torpaqların neftlə çirklənməsinin təyin edilməsi.....	98
3.3. Torpaq nümunələrinin götürülməsi, saprofit bakteriyaların və nefti parçalayan mikroorqanizmlərin ayrılması və hesaba alınması.....	101
3.4. Mikroorqanizmlər tərəfindən neft və neft məhsullarının parçalanmağa qadir olmasının ekspress üsulu.....	106
3.5. Torpaqların tənəffüsü və tənəffüs əmsalının təyin edilməsi.....	109
3.6. Torpaqda neft məhsullarının miqdarının təyin edilməsi.....	113

3.7. Mikroorqanizmlərdə karbohidrogenlərin minerallaşma əmsalının təyini.....	119
3.8. Torpaqda (fermentasiya layında) olan mikroorqanizmlərin sayının və biokütləsinin, biokimyəvi göstəricisini və biogen maddələrinin verilməsinin təyini.....	120
3.9. Suvarma normasının təyini və torpağın nəmliyinin saxlanması.....	124
3.10. Bioremediasiya və neftlə çirklənmiş torpaqların meliorasiyası.....	125
3.11. Torpağın fitotoksikliyin təyini.....	128
3.12. Biotəmizləməsinin riyazi modelləşməsi.....	130

FƏSİL 4. Bioremediasiya prosesində ətraf mühitin ekoloji monitorinqinin əsas istiqamətləri.....	133
4.1. Ümumi monitorinqin çərçivəsində torpağın mikrobioloji monitorinqi.....	133
4.2. Su sistemlərinin monitorinqi.....	141
4.3. Yeraltı suların monitorinqi.....	154
Ədəbiyyat.....	158

GİRİŞ

Xam neftin hasilatında, nəqli zamanı, emalında, xam neftin və neft məhsullarının saxlanması zamanı ətraf mühitin neft maddələri ilə çirklənməsi müşahidə olunur. Ekspertlərin hesablamalarına görə Rusiyada və MDB-də neftlə çirklənmiş torpaqların ümumi sahəsi 350 - 840 min hektara qədər təşkil edə bilər (Ekspert, 2006).

Yaranmış vəziyyət torpaqların reabilitasiyası üçün elmi-metodiki işləmələrin, üsulların və texnologiyaların hazırlanmasını tələb edir.

Bu istiqamətdə gedən işlər təsərrüfat fəaliyyəti nəticəsində müxtəlif neftli çirkləndiricilərdən pozulmuş torpaq münbitliyinin bərpasına yönəldilmiş və gələcək onilliklərdə ölkəmizin ekoloji və ərzaq təhlükəsizliyi ilə birbaşa bağlıdır. Kənd təsərrüfatının davamlı inkişafı o zaman təmin oluna bilər ki, o ekoloji cəhətdən təmiz su ilə suvarılan təmiz torpaq üzərində aparılsın.

Torpaqlarımızı çirkləndirici maddələrdən təmizləmək, onların münbitliyini bərpa etmək lazımdır ki, üzvi əkinçiliyə prioritet verilsin, kənd təsərrüfatının səmərəliliyi artsın, ölkə əhalisi ekoloji cəhətdən təmiz kənd təsərrüfatı məhsulu və son nəticədə həyat «keyfiyyəti» ilə təmin olunsun.

Azərbaycan Respublikasının qanunları bu tədqiqatların hüquqi əsasıdır. Xüsusilə, 1999-cu il 8 avqust tarixində çar olunmuş «Azərbaycan Respublikası Torpaq Kodeksi» Azərbaycanda yer quruluşu və yer istifadəsi sahəsində iri-miqyaslı işlərin müsbət təcrübəsini özündə əks etdirən vacib sənədlərdən biridir. Bu sənəd, Azərbaycanda Prezident H.Əliyevin təşəbbüsü və bilavasitə rəhbərliyi ilə aparılan yer quruluşu üzrə hüquqi və təcrübi işlərin nəticəsidir.

Bu sənədin 1-ci fəslinin 2-ci bəndində qeyd olunur ki, Azərbaycan Respublikası Torpaq Kodeksi torpaqların səmərəli istifadəsi, münbitliyinin artması və bərpası, çirkləndirmə və aşınma nəticəsində istifadədən çıxmış torpaqların

rekultivasiyası, ətraf mühitin yaxşılaşdırılması və qorunması üçün şərait yaradılmasına yönəldilib. Göründüyü kimi, mövcüd fəsildə qeyd olunan məqsədlər arasında ekoloji məsələlər prioritet təşkil edir. Beləliklə, bu Kodeksin əsas məqsədi birinci dərəcəli məsələləri nəzərə alaraq, onların arasında sırf ekoloji, ölkə əhalisi qarşısında müasir dövrdə duran, xarakterli, Azərbaycan torpaq ekologiyasında mənfi tendensiyları nəzərə alan məsələləri həll etməkdir.

1999-cu il 30 dekabr tarixidən «Torpaq münbitliyi haqqında» Azərbaycan Respublikası qanunu Azərbaycan vahid torpaq fondundan səmərəli istifadə etmək məqsədilə qəbul olunmuş qanundur. Bu qanun, müxtəlif mülkiyyət formasına aid kənd təsərrüfatlı təyinatlı torpaqların münbitliyini təmin edən hüquqi əsasını müəyyən edir. Kənd təsərrüfatı təyinatlı torpaqların münbitliyi haqqında qanun Azərbaycanda torpaq münbitliyinin qorunması, artması və bərpası sahəsində dövlət tərəfindən tənzimlənən ümumi qaydaların müəyyən edilməsi məqsədi daşıyır.

28 noyabr 2000-ci il tarixdə Azərbaycan Respublikası Prezidenti tərəfindən «Torpaq ehtiyatlarından istifadə və onların mühafizəsinə dövlət nəzarəti» haqqında fərman imzalandı. Bununla əlaqədar olaraq ölkədə torpaqlarda baş verən tənəzzül proseslərinin güclənməsinin qarşısını almaq məqsədilə müfəttişlik institutu yaradıldı. Bundan başqa, Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 28 sentyabr 2006-cı il tarixli sərəncamı ilə təsdiq edilmiş «Azərbaycan Respublikasında ekoloji vəziyyətin yaxşılaşdırılmasına dair 2006-2010-cu illər üçün Kompleks Tədbirlər Planı»nda ölkənin iqlim, torpaq şəraiti və üzvi əkinçiliyə əsaslanan yeni meşələrin salınması üzrə perspektiv sahələrin müəyyənləşdirilməsi üçün meşə quruluşlu layihələndirmə işlərinin başa çatdırılması, bir sıra zavodların fəaliyyəti nəticəsində ətraf mühitə dəymiş zərərin təsirinin aradan qaldırılması, torpaq qatının mühafizəsi və bərpası, neftlə çirklənmiş torpaqların bərpası və bir sıra başqa ekoloji tədbirlərin müəyyən edilməsi

kimi məsələlər burada öz əksini tapmışdır. Azərbaycan Respublikasında torpaq ehtiyatlarından istifadəyə nəzarətin artırılması, ictimai təsərrüfatçılıq yönəmində münbitliyi itirilmiş, tənəzzülə uğramış torpaqların təbii münbitliyinin bərpası, artırılması, onun mühafizəsi və s. bu kimi bir çox məsələlər ilk dəfə dərin və hərtərəfli tədqiq olunmuşdur (Məmmədov. Q., 2007).

Kənd təsərrüfatında torpaq münbitliyi haqqında qanunvericiliyin əsas vəzifəsi – münbitliyin təbii keyfiyyətlərinin qorunması, artırılması, bərpası və bu sahədə kompleks tədbirlərin aparılması torpaqların məhsuldarlığının artırılmasına və ərzaq təhlükəsizliyinin təmin edilməsinə xidmət edir.

FƏSİL 1

Abşeron sənaye regionunun ekoloji vəziyyəti

Abşeron regionu bir çox cəhətdən aydın ifadə edilmiş xüsusiyyətləri ilə fərqlənir. Mövcud olan yerləşmələrin və təsərrüfatların sistemi əsasən, XX əsrdə formalaşmışdır. Regionun inkişafının əsas amilləri - onun geosiyası mövqeyi və resurs potensialının olmasıdır. Bunun sayəsində mühitin arzu edilməyən vəziyyətindən asılı olmayaraq (səhra və yarımsəhra zonası, su resurslarının qıtlığı və s.) və kənd təsərrüfatı məhsulları ilə öz-özünü təchiz etməyin son dərəcə məhdudlaşdırılmış imkanlarına baxmayaraq, Azərbaycanda (və eləcə də bütün Cənubi Qafqaz regionunda) əhali ən yüksək sıxlığa malikidir, inkişaf etmiş sənaye-nəqliyyat infrastrukturası formalaşmışdır. Region xam neftin hasili və emal etməsi, nəqli, neft maşınqayırması, tikinti materiallarının alınması və başqa ağır sənaye istiqamətlərində ixtisaslaşmışdır. Abşeronun ekoloji vəziyyəti sənaye istehsalının yüksək dərəcədə təmərküzləşməsiylə müəyyən edilir. Hal-hazırda, Abşeron yarımadasında ölkənin sənaye potensialının 70%-dən artıq, əsasən, iki iri şəhərlərdə – Bakıda və Sumqayıtda cəmləşib. Bakı - neft emalı, neft maşınqayırması və neft istehsalı sənaye mərkəzidir, Sumqayıt isə – neft kimyası, kimya və metallurgiya sənaye mərkəzidir.

Enerji daşıyıcılarının istehsalı son on illər ərzində Azərbaycanda ölkənin iqtisadiyyatı üçün fundamental problemlərdən biridir. Abşeron yarımadasında və Xəzərdə cəmləşmiş Azərbaycanın təbii sərvətləri intensiv-olaraq işlənir. Bu prosesin sürəti və miqyası misilsizdir. Hal-hazırda, ölkədə - quruda 37 və Xəzərin Azərbaycan sektorunda 17 yataq istifadə olunur, 1,4 mlrd ton xam neft və 430 mlrd.kub metr qaz hasil edilir. Abşeron yarımadasında 80 iri, 370 orta və 2000 xırda sənaye müəssisələri, 46 yaşayış məntəqəsi və 19 kənd yerləşir. Qurudakı ümumi neft hasila-

tının 60%-i, bütün neft emalı və demək olar ki, neft kimyası, maşınqayırma və metal emal edən müəssisələr, istehsal edilən enerjinin 30%-i, meşə və ağac emal edən sənayenin 75%-i, yeyinti sənayesinin 40%-i, yüngül sənayenin 50%-i, tikinti materialları sənayesinin 70%-i və s. Abşeronun payına düşür.

Müəssisələrin belə miqdarda məhdudlaşdırılmış ərazidə (Abşeronun ərazisi ölkənin ərazisinin cəmi 2,5%-ni təşkil edir) özünəməxsus tarixi vardır. Neft hasilatının ilkin mərhələləri neft avadanlığının və xam neftin ilkin emalının inkişaf etməsini tələb edir. Abşeronda dünyada ən iri istilik elektrik stansiyaları istifadəyə verilmiş və neft mədənlərini zavodlarla birləşdirən dünyada ilk dəmir yolu inşa edilmişdir. Azərbaycanda neft maşınqayırması ABŞ-dan sonra bu cür müəssisələrin dünyada ən iri konsentrasiyasını təşkil edir.

Ekoloji parametrlərinə görə Abşeronu sənaye regionunda artıq dərəcədə təhlükəli hesab etmək olar. Bu baxımdan, Bakıdan qərbə və şərqə - Xəzər sularına doğru uzanan təhlükəli «şleyf» istənilməyəndir.

Ekologiya mədəniyyəti prizmasından Abşeron regionunun bəzi aspektlərini təhlil etdikdə görünür ki, son 150 il ərzində burada təbiətlə və insanın sosial-iqtisadi fəaliyyəti arasında olan ziddiyyətlər kontrast formada cəmləşmişdir. Abşeron regionunun mənfi ekoloji vəziyyəti ümumiləşdirilmiş formada bütün göstəricilərlə 1-ci cədvəldə əks olunmuşdur. Abşeron yarımadasının sosial-ekoloji göstəriciləri sosiogenezin ekoloji olmadığını sübut edir. İstehsalın ekolojiyi elə aşağı səviyyədədir ki, ekoloji mədəniyyətdən danışmaq qeyri mümkündür. Regionun ekosisteminin strukturunda normal vəziyyətdən güclü kənara çıxmalar açıq-aydın, nəzərə çarpacaq qədərdir, ərazinin reproduktiv qabiliyyəti aşağıdır, antropogen təzyiqin və davamlı inkişafın indeksləri yüksəkdir, bioloji və enerji istehlakının sıxlığı yolverilməz yüksəkdir. Göstərilmiş rəqəmlər paytaxt regio-

nunun təsərrüfat kompleksinin enerji miqdarının yüksək olduğunu göstərir və elə bu regionda Azərbaycanın canlı təbiətinə təsirlərin yüksək potensialı cəmləşmişdir. Məsələ ondadır ki, ekosistemlərdə bu təsirin antropogen potensialı necə reallaşır? Bu suala cavab birmənalı deyil, ona görə ki, paytaxt regionunda enerji istehlakının yüksək ümumi həcmi ən aşağı dərəcədə olan texnologiyalarla uyğunlaşır, buna görə enerjinin və resursların istehlakının faydalı iş əmsalı da aşağıdır. Təbii mühitə düşən çirkənlənmələrin həcmələrinin (*Состояние Окружающей среды ...*, 1997) təhlili göstərir ki, Azərbaycanın ən texnoloji baxımından qabaqcıl olan regionunda hal-hazırda, inkişafın təmayülündən enerji miqdarının ekstensiv artımı və ya onun istifadə faydalılığının artımından hansı biri üstünlük təşkil edir.

Cədvəl 1. Abşeron sənaye regionunda ekoloji vəziyyətin ümumi göstəriciləri

Ad	Göstəricilər
Abşeron yarımadasının sahəsi	2192 km ² (219200 ha)
Ölkənin bütün sahəsinin, %	2,5%
NQÇİ-in sahəsi	bütün ərazidən 1,4%
Şəhərlərin və qəsəbələrin sahəsi (Bakı, Sumqayıt, 41 qəsəbə)	bütün ərazidən 20%
Əhali	2,8-3,0 mln. insan
Ölkənin bütün əhalisinin, %	40%-dən artıq
Əhalinin sıxlığı, adam/km ²	1200-1400
Adam başına düşən sahə	0,06ha
Meşəlik	bütün ərazidən 3-4%
Adam başına düşən meşənin sahəsi, hektar	0,006-0,01
Yarımadada yaşıllıq sahəsi olmalıdır	27,0 min. hek (bütün ərazidən
İnfrastruktur adam başına düşən torpaq sahəsi (yollar, binalar və s.)	13-14%)
	0,2he
Sənaye potensialı	Ölkənin 70% -dən artıq
Havaya sənaye tullantıları	624 min. t/ildə (1995 –ci il) və artıq
Ölkə üzrə tullantılarının, %	70,5%

Yarımadanın 1km ² -nə düşən tullantı- nın miqdarı	285 t/ildə (Yaponiyadan 10 dəfə artıq)
Adambaşına tullantıların miqdarı	0,22-0,30 t/ildə
Sənaye tullantıları	97 min. t/ildə
O cümlədən adambaşına	35 kq/ildə
Xam neftin orta texnogen modulu (2000-ci ilə)	5000 t/km ² /ildə (ölkə üzrə orta göstəricidən 60 dəfə artıq)
Neftlə çirklənmiş torpaqlar, %	bütün ərazidən 6-8%
Göllər (əksəriyyəti neftlə çirklənmiş).	50-80 km ² (2,5-4,0%)
Ekosistemin strukturu	80-85% dəyişdirilmiş və təkcə 10-15% təbii (80-85:10- 15);norma- 40:60
Ekosistemin strukturunun normadan kənara çıxması	2 dəfə
Sahənin reproduktiv qabiliyyəti	0,6-0,8 mln. t oksigen/ildə, tələbat isə 27,4mln.t
Antropogen təzyiqin indeksi	1,3
İnkişafın davamlılığın indeksi, Isd	2,3 (normaya görə Isd<1)
Bioloji və enerji istehlakının sıxlığı	3204 kVt/km ² (normaya görə 70-100 kVt/km ²) təzyiqin yol verilən həddini 32-45,0 dəfə artıq

Abşeron iqtisadiyyatının strukturunda neft hasilatı, neft emalı, kimyəvi, energetik, metallurji, maşınqayırma, aqro-istehsalat sahələrinin üstünlüyü çox saylı texnogen-ekoloji sistemlərin formalaşmasına səbəb olmuşdur, bunun nəticəsində landşaftların geniş spektdə dəyişmələri baş vermişdir. Bu sistemlər ekosistemlərin geokimyəvi, hidroloji, geofiziki və s. kəmiyyətlərinin dəyişmələrinə səbəb olmuşdur.

Hələ, keçən əsrin 80-ci illərində Abşeron yarımadası keçmiş SSRİ-də xam neftin texnogen təzyiqinə görə – 100 t/km²-ə üçüncü yer tuturdu (Глазовский, 1982). Bizim ölkə xam neftin texnogen təsirinə görə ABŞ-la eyni səviyyədədir. Lakin, sənayenin ölkədə intensiv inkişafı və ölkənin ərazisi enerjidaşııcılarının tranzit koridora çevrilməsi ilə yaxın illərdə karbohidrogenlərin texnogen təzyiqi artıq dərəcədə arta-

caqdır. Abşeron yarımadasında xam neftin texnogen təzyiqi bütün ölkənin ərazisinə nisbətən, 60 dəfə artıqdır. Xam neftin ərazinin vahidinə görə orta texnogen təzyiqindən danışanda, eyni zamanda, xam malın səmərəli istifadəsinin dərəcəsini də nəzərə almaq lazımdır. Əlbəttə, hal-hazırda, Azərbaycanda istifadə olunan texnologiyalar inkişaf etmiş, məsələn, Yaponiya, Qərbi Avropa və ABŞ-a nisbətən köhnəlmiş, istehsalatın və emalın müəyyən mərhələlərində xeyli itkilərlə müşayiət olunur, bu da ətraf mühitin çirklənməsi ilə nəticələnir.

Ölkənin başqa rayonlarından fərqli olaraq, respublikanın ərazisinin cəmi 6,7%-ni təşkil edən Abşeron yarımadası ən yüksək bio-enerji istehlak dərəcəsinin regionuna aiddir (cədv.2). Bu da bütün ölkənin enerji və bioloji istehlakının 49%-ni təşkil edir. Buna görə bio - enerji istehlakının sıxlığı norma ilə cəmi 70-100 kVt/km² olduqda, Abşeron sənaye regionunda bu göstərici 3204 kVt/km² təşkil edir. Beləliklə, Abşeron yarımadasında antropogen təzyiqin sıxlığı enerji istehlakının yol verilən həddini 32-45 dəfə aşır. Davamlı inkişafının indeksi bu regionda yol verilən həddi 33 dəfə aşır, yəni $I_{sd} > 33$, bu da yolverilməzdir.

Cədvəl 2. Abşeron yarımadasının ekoloji göstəriciləri

Adı	Sahə, min. km ²	Bio- enerjinin istehlakı	Antropogen təzyiqin indeksi	İnkişafın davamlılığın indeksi, I_{sd}
Azərbaycan üzrə	86,4	14220MVt	1,29 (dünyaya görə nisbət)	2,3 (dünya üzrə nisbət)
Abşeron sənaye regionu	2,1	7024MVt	26,1	33,0

Bir çox sənaye obyektlərinin təşkili və yerləşməsi zamanı ekoloji təhlükəsizliyin bir sıra məsələləri nəzərə alınmamışdır. Buna görə də, bir sıra iri müəssisələr yaşayış massivlərinin yanında fəaliyyət göstərir, bu müəssisələrin ətrafında çoxlu miqdarda zəhərli maddələr toplanmışdır. Məsələn, Bakı neftayırma zavodunun ərazisində öz tərkibində 25% neft olan 3 mln. t humbrin, 170 min t turşu humbrini toplanmışdır. Azərbaycan boru-prokat zavodu son 30 il ərzində marten peçlərinin şlaklarını 25 hektardan artıq əraziyə tökərək, bu materialın 2 mln. t-dan artıq yığılmasına səbəb olmuşdur. Sumqayıt sənaye zonasında 20 mln. kub metrə qədər tullantılar yığılmışdır, onların tərkibində humbrin, qudron, işlədilmiş yağlar, turşular, qələvilər və s. maddələr vardır. Onların mürəkkəb kimyəvi tərkibi vardır və ətraf mühitə xlor, civə, kükürd anqidriti, mis, sink, selen, qurğuşun, piritin toksik tozları, kükürd və azot turşuları, qələvilər və s. ifraz edirlər (Талыбов, 2004).

Abşeron ekosisteminə bərk məişət tullantıları (BMT) böyük ekoloji təzyiq göstərirlər. Bərk məişət tullantılarının ekoloji problemləri onların tək məhv edilməsi və emalı ilə deyil, eyni zamanda torpaqların, su ehtiyatlarının və atmosfer havasının ekoloji stabil olması ilə əlaqədardır. Təxmini hesablamalara görə ölkədə 115-120 mln. t BMT toplanmışdır, onlardan isə cəmi 8 %-i emal edilməkdədir. Son 30 ildə ümumi şəhər zibilxanasında təxminən 20 mln. t BMT yığılmışdır. Bakı şəhəri üçün rəsmi Balaxanı zibilxanası vardır, faktiki isə Abşeron yarımadasının demək olar ki bütün ərazisi bərk tullantıların zibilxanasına və çirkab suların axıntı ərazisinə çevrilmişdir.

Buna görə, Abşeron yarımadasının ekosistemlərinin bütün yarıstisemlərində qeyri sabit ekoloji vəziyyət mövcuddur:

- neftemalı, neftkimyəvi sintez, stasionar mənbələr tərəfindən sənaye tullantıları, nəqliyyat və s. mənbələrdən çirklənən atmosfer havası;

- neftlə, neft maddələrilə, radionuklidlərlə, ağır metallarla çirklənən torpaqlar;
- sənaye və məişət çirkab sularıyla, neftlə və neft maddələrilə çirklənən hovuzlar;
- neft karbohidrogenləri ilə çirklənmiş yeraltı sular.

Abşeron yarımadasının ekoloji qiymətləndirilməsinə görə (Тамыбов, 2004) bu regionda landşaftların pozulmasının 4 dərəcəsi mövcuddur:

- qənaətbəxş –torpaq - bitki örtüyü pozulmamışdır;
- mübahisəli- torpaq örtüyü zəif pozulmuşdur;
- böhranlı – torpaq örtüyü məhv edilmiş, relyef dəyişdirilmiş;
- fəlakətli–landşaftın bütün elementləri dəyişdirilmiş, landşaft daxili əlaqələr pozulmuşdur.

Hesablamalar göstərmişdir ki, orta hesabla 82000 hektar, yəni regionun bütün ərazisinin 40%-i mübahisəli sahələrə aiddir, 54925 hektar (28%) –i böhranlı, 15725 (7%)-i fəlakətli, yalnız 13925 hektarı (6%)-i qənaətbəxş sahələrə aiddirlər. Ekologiya komitəsinin məlumatına görə 1997-ci ildə Bakı şəhərinin müəssisələri tərəfindən atmosfərə buraxılan təhlükəli aşqarların həcmi 2 mln.m³ olmuşdur. Təkcə Qaradağ sement zavodunun payına 29 min. t aşqarlar düşür. Xam neftin emalının bütün mərhələlərində atmosfərə geniş kompleks texnogen qazlar ifraz olunur ki, onlar bütün regionda atmosfer havasının «keyfiyyətini» pisləşdirir. Eyni zamanda, ətraf mühitə buraxılan toksik qazların kompleksi adi insanın sağlamlığına mənfi təsir göstərir, həm bir başa istehsalatda işləyənlərə, həm də bütün regionda yaşayan insanlara. Abşeron yarımadasının neft hasilatının 130 il tarixi ən qabarıq şəkildə onun landşaftlarında əks olunmuşdur. Xam neftlə və neft maddələrilə intensiv çirklənməsinin nəticəsi olaraq Abşeron yarımadasında deqradasiyaya uğramış otlaqlar, kolluqlar və efemerli bitkilərin

məhv olunmuş, çılpaqlaşdırılmış sahələri ekosistemləri zəifləşdirmişdir. Bu neftlə çirklənmiş torpaqlar çoxdan bəri aborigen landşaftların dərəcəsinə keçiblər, onların tərkibi ilk növbədə neftlə hopmuş, bitumlaşmış qırlardır.

Regionu torpaq örtüyü praktiki olaraq tam şəkildə texnogen dəyişiklərin təsirindədir. Bu regionda pozulmuş və çirklənmiş torpaqların sahəsi orta hesabla 25 min hektardır. Ərazinin bir çox hissəsi neft karbohidrogenləri ilə çirklənmiş, bitumlaşmış, qazma şamları ilə dolan ambarlar onlarla hektar torpaq sahəsini zəbt edib. Məsələn, xam neftlə və neft məhsulları ilə çirklənmiş torpaqların sahəsi 18 min. hektar təşkil edir, kimya müəssisələrinin tullantıları ilə çirklənmiş 1300 hektar torpaq yararsız hala düşüb. Təkcə ARDNŞ-in balansında 7400-dən artıq hektar neftlə çirklənmiş torpaq var, onlardan da 2800 hektar birinci növbədə, təmizlənməli və bərpa olunmalıdır (Сираджев, 2001). Çirklənmənin dərəcəsi 20-30 % və daha da artıq, çirklənmənin dərinliyi isə 2-3 metrə çata bilər. Geniş tədqiqat işlərinin nəticəsi göstərmişdir ki, Abşeron yarımadasında 10-sm dərinliyə qədər çirklənmə 1029, 25 sm-ə qədər 857,3, 50 sm-ə qədər 1285,3, 50 sm-dən dərin isə 2420,6 hektar təşkil edir (Azərbaycan torpaqlarının morfo-qenetik profili, 2004).

Təbii şəraitdə torpaqda öz-özünü təmizləmə prosesləri mövcuddur və bu proseslərdə neft maddələrini parçalamağa qadir olan təbii torpaq mikroorqanizmləri əsas rol oynayırlar. Lakin, təbii amillərdən asılı olaraq, öz-özünü təmizləmə prosesləri uzun sürən proseslərdir və onların müddəti bir ildən on illərə qədər davam edə bilər (Казакова и др., 1984; Colwell et al., 1978).

Abşeron yarımadasında öz-özünü təmizləmə proseslər üçün lazımı qədər əlverişli şərait yoxdur, onun ən vacibi hidrotermik rejimidir. Bu regionda buxarlanma yağışlarının illik norması 700-800 mm-dən artıqdır, buna görə də torpaq səthinin quraqlığı torpaq mikroorqanizmlərin fəaliyyətini

məhdudlaşdıran ən əlverişsiz amillərdən biridir. Təkcə, bunu qeyd etmək lazımdır ki, yay aylarında torpağın səthi 40-50⁰-yə qədər qızır və bunun nəticəsində torpaqda nəmliyin dərəcəsi 3-4 %-ə qədər azalır. Bu əlverişsiz şəraitdə torpaq mikroorqanizmlərinin bir çox qrupunun fəaliyyəti kəskin sürətdə azalır. Məsələn, tədqiqat işləri göstərmişdir ki, Suraxanı və Əzizbəyov rayonlarının neftlə çikrlənmiş torpaqlarında qalıq neftin miqdarı 12-19 % olduqda, neft maddələrini parçalayan və azotla mübadilədə iştirak edən mikroorqanizmlərin sayı olduqca azdır (Ахундова, 1996).

Torpaqların çox illik neftlə və neft maddələrilə çikrlənməsi və bunun ekoloji nəticələri arid sistemlərinə «ölçüdən artıq» təzyiqin sübutudur. Uzun müddətdir ki, öz-özünü tənzimləmə prosesləri dağılan ekosistemlərdə öz-özünü bərpasını təmin edə bilmir. Bunun nəticəsində, bu ekosistemlərdə təbiətdə texnogen və antropogen təzyiqlərin artması zamanı ekoloji balansın pozulması müşahidə olunur.

Uzunmüddətli planda ən qorxulu ekoloji təhlükəni və neft çikrləndirmələrində poliaromatik karbohidrogenlərin olmasıdır. Torpaq mutagen xassələrə malik olan maddələri, o cümlədən poliaromatik karbohidrogenləri özündə toplamaq qabiliyyətinə malikdir. Mutagen xassələrə malik olan poliaromatik maddələr neftlə çikrlənmiş torpaqda toplanaraq, onların mikrozonalarında lazımınca çox miqdarda lokallaşır və torpağın özündə təbiətin substratı kimi mutagen xassələri ilə peyda oluna bilər. Əldə olan nəticələrə görə, Abşeronun neftlə çikrlənmiş torpaqlarında poliaromatik maddələr – 2-6, polinüvəli aromatik maddələr: naftalin, fenantren, ikilibenzotiofern, fluoranten/piren, benzoantrasen/benzopiren 5- 6, nüvəli poliaromatik maddələr və onların miqdarı min dəfələrlə icazə verilən həddi aşır. Torpaq süxurları benzopiren, asenaten, xrizen, piren və s. kanserogen xassələrə malik olan poliaromatik maddələrlə çikrlənib. Məlumdur ki, polinüvəli maddələr mikro-

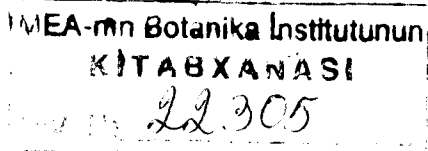
blar tərəfindən çox çətin və uzun müddət ərzində parçalanırlar. Bu maddələrin torpaqda miqdarına çox geniş şəkildə təsadüf edilir və bu 800 mq/kq-a qədər çata bilər, amma icazə verilən hədd cəmi 0,02 mq/kq torpaq təşkil edir.

Yer səthinin çirklənməsi yerüstü və yeraltı suların da çirklənməsinə səbəb olur. Abşeron yarımadasında 200-dən çox təbii və süni hovuzlar var ki, onların əksəriyyəti neft və neft maddələri ilə çirklənmiş. Neftlə çirklənmiş keçilən və keçilə bilməyən hovuzların sahəsi 2000 hektara çatır (Талыбов, 2004). Təkcə Zığ, Böyük-Şor və s. hovuzları göstərmək kifayətdir.

1,8-6,9 m dərinliyində yerləşən yeraltı suların çirklənmə dərəcəsi icazə verilən həddi 22-100 dəfə aşır. Yeraltı suların çirklənməsi zamanı ən böyük təhlükəni yüksək miqrasiyaya malik olan xam neftin və neft maddələrinin karbohidrogenlər, fenollar, üzvü-aktiv maddələr, polimerlər, xromat-anionlar təşkil edir. Yeraltı suların çirklənməsi Abşeron yarımadasında çirklənmələrin yeraltı sularını səviyyəsinə qədər infiltrasiyanın mövcüd olmasını təsdiq edərək göstərir ki, çirklənmə dərəcəsi o qədər artıqdır ki, o torpaqların biferliyinin xassələlərini aşaraq yol verir ki, çirklənmələr yeraltı suların səviyyəsinə qədər çıxsınlar. Elə bir potensial təhlükə yaranır ki, neft maddələri ilə çirklənmiş yeraltı sular landşaftın hidroyefinə görə Xəzər dənizinin sahilboyu sularına qədər sızaraq, sahilboyu suların çirklənməsinə səbəb olur.

Abşeron yarımadası ekosistem kimi normal fəaliyyət üçün öz-özünü oksigenlə lazım olan miqdarda təmin edə bilirmi?

Atmosferdə oksigenin əsas mənbəyi olan meşə sahələrinin həcminə görə Azərbaycan bir çox ölkələrdən geridedir (cə.3).



Cədvəl 3. Abşeronda adambaşına düşən meşə sahəsi

No№	Ölkələr, regionlar	Adam başına düşən meşə sahəsi, hektar
1	Abşeron yarımadası	0,006-0,1
2	Azərbaycan	0,14
3	Keçmiş SSRİ	3

Dünyanın başqa ölkələrinə nisbətən, Azərbaycanda adambaşına düşən meşə sahəsi 2 dəfə azdır. Abşeron yarımadasında meşə sahələrinin həcmi adambaşına görə ölkənin başqa regionlarına və keçmiş SSRİ- ilə müqayisədə bir neçə dəfə azdır (Букштынов и др., 1981). Bu regionda iynəyarpaqlı ağacların sahəsi (əsasən eldar şamı və s.) 20000 hektardan artıq deyil. Buna görə ekoloji qiymətləndirmə göstərir ki, bu regionun reproduktiv qabiliyyəti çox aşağıdır: oksigenə görə 0,04 indeksdə cəmi 0,8 ml/t-dur. Regionun aşağı reproduktiv qabiliyyəti güclü antropogen (ölkənin 70% sənaye potensialı və əhalinin 40%-dən artıq bu regionda yerləşir) və texnogen təsirlərlə ziddiyyət yaradır və ekoloji problemlərin daha da dərinləşməsinə kömək edir. Abşeronda əhalinin sıxlığı orta hesabla 1200-1400 arasındadır və ölkədə olan sıxlığa görə normadan 13-15 dəfə artıqdır. Keçmiş əsrdə bu regionda əhalinin artma tempi orta hesabla 1,6% təşkil edirdi, bu da Moskvadan 1,1%, Sankt-Peterburqdan 0,6% artıq idi (Ерюбов, Панаев, 1996). İllik artımın tempi 1,6% olaraq əhalinin 40 il müddətindəki iki dəfə olan artımına uyğundur.

Hesablamalar göstərir ki, Abşeron yarımadasında atmosferdə olan karbonun ifrazı təbii qruplar tərəfindən mənimsənilməsindən ildə orta hesabla 1,8 mln.t-dan çoxdur. Eyni zamanda yarımada ərazisinin oksigeninə görə tələbatı yalnız 3-4 % təmin edilir (cədv.4).

Cədvəl 4. Ərazinin reproduktiv qabiliyyəti və karbon qazının ifrazı ilə onun mənimsənilməsi arasındakı balans

CO ₂ qazının ifraz edilmə prosesləri	CO ₂ , mln. t/il	Oksigenə görə tə- labat, mln. t/il	Ərazinin reproduktiv qabiliyyəti, mln. t O ₂
İnsanın tənəffüsü (nəzərə alaraq ki, Abşeronda 2,5-3,0 əhali yaşayır, hər bir insan ildə 0,86 kq O ₂ nəfəs alır və 0,23 kq CO ₂ təngnəfəs alır;	0,24	0,9	Bitki qrup- ların foto- sintetik fəa- liyyəti nəti- cəsində
Heyvanların və quşların tənəffüsü (iri və xırda heyvanlar, atlar, ev heyvanları, quşçuluq fabriklərində quşlar və s.);	0,1	0,1	
Avtonəqliyyat (nəzərə alaraq ki, şərti olaraq Abşeronda orta hesabla 150000 avtonəqliyyat vasitələri vardır, bir avtomobil 4350 kq O ₂ istifadə edərək atmosfərə 3250 kq CO ₂ və 530 kq CO ifraz edir).	0,5	0,8	
Stasionar mənbələrin havaya tullantıları (istilik stansiyaları, fakellər və s.); Kommunal və sənaye çirkab sularının biokimyəvi təmizləmə prosesi zamanı havaya buraxılan tullantılar (nəzərə alsaq ki, Hövsan təmizləmə stansiyasında gündə tərkibində 2% üzvi maddə olan 600000 m ³ çirkab suyu təmizlənir və s. təbii biokimyəvi proseslər (üzvü maddələrin zibilxanalarda çürüməsi və parçalanması, təmiz peyinin çürüməsi, neftlə çirkənlənmiş torpaqlarda karbohidrogenlərin oksidləşməsi və parçalanması və s.).	~20,0	25,2	
	7,0-8,0	0,4*	
Cəmi :	27,94	27,4	0,8

Bu da o deməkdir ki, bu region «özgə ağ ciyəri ilə» tənəffüs edir – Böyük və Kiçik Qafqaz dağətəyi, Xəzər dənizinin (fitoplanktonun fotosintetik fəaliyyəti nəticəsində) və s. ərazilərin hesabına baş verir.

Abşeron yarımadasının təbii-iqlim və bioloji amillərinin təhlili göstərir ki, bu regionda öz-özünü təmizləməni məhdudlaşdıran təbii amillərin sayı ətraf mühitin öz-özünü təmizləməsi üçün kömək edən təbii amillərə nisbətən, qat-qat çoxdur (cədv.5).

Cədvəl 5. Ətraf mühitin öz-özünü təmizləməyə qadir olmasını həll edən Abşeron yarımadasının təbii amilləri

Münasib təbii amillər	Münasib olmayan təbii amillər
Küləklər. İldə 15 m/san artıq olan küləkli günlərin orta sayı 50-114.	İqlimin aridliyi –çirklənmələrin parçalanmasının mikrobioloji proseslərin aktivliyinə mənfi təsir göstərən, bitkilərin biokütləsinin az olması; Ekosistemin ağırlığının azlığı;
Üzvi maddələrin mübadiləsinin yüksək sürəti	Çirkləndiriciyə qarşı həssaslığı təmin edən təbii biomüxtəlifliyin yüksək olmaması; Oksigenə görə reproduktiv qabiliyyətinin az olması –cəmi 0,8 mln/t/ildə; Bitki örtüyün zəif olması (yalnız yazda və payızda təbii efemer bitkilərlə 20-30% örtülüyü); Yeraltı suların qalxması (axırın 20 il ərzində 5-15 metrə qədər) ; Yeraltı suların ümumi güzgüsünün yoxluğu, hidrorelyefin zəifliyi, yüksək minerallaşma dərəcəsi; Yüksək olmayan bioiqlim potensialı; Su-termik rejimi; Yerüstü suların və axarın olmaması; Yüksək minerallaşmış, çirklənmiş, evtrofikasiya olunmuş hovuzlar; Landşaftın ayrı-ayrı komponentləri arasında qarşılıqlı münasibətin dəyişkənli olması, onların arasında qarşılıqlı kompensasiyanın olmaması.

Bunun nəticəsində, regionun təbii ətraf mühitinə müxtəlif çirkləndiricilərin (karbohidrogenlər, atmosfer tullantıları, torpaqların, yerüstü və yeraltı suların çirklənməsi və s.) texnogen modulunun xeyli yüksək böhranlı səviyyədə saxlanılmasına imkan yaranır. Bu regionun reproduktiv potensialı antropogen ağırlığını lazımı səviyyədə «neytrallaşdırma» bilmir.

Bu regionun ağır ekoloji vəziyyətinin əhalinin sağlamlığına həsr olunmuş çox saylı elmi işləri məlumdur. Məsələn, sənaye tullantılarının və avtomobil nəqliyyatının insanların nəfəs, qan damarları, neyroendokrin, damarlı və s. sistemlərə mənfi təsiri müəyyən edilmişdir. Onkoloji xəstəliklərin və onlardan yaranan ölüm sayları (mədə və ağ ciyər xərçəngi) respublika üzrə orta göstəriciləri ötüb keçir (Мирцалимов, Шахсуваров, 1999).

Beləliklə, Abşeron regionu ekoloji nöqteyi-nəzərdən öz-özünü tənzimləməyə qadir deyil. Təbii resursların istismarı (torpaq, yeraltı və yerüstü suların və s.) və onların öz-özünün bərpa edilməsi qabiliyyəti arasında olan dinamik tarazlığın ekoloji baryerini aşmamaq üçün bu arid regionun təbii resurslarını ciddi tənzimləməlidir.

FƏSİL 2

Torpaqların və qazma şlamlarının təmizləmə üsulları

Yanacaq-enerji komplekslərində ən əsas ekoloji problemlərdən biri neft borularında onların dağılma, köhnəlmə və eləcə də xam neftin və neft maddələrinin müxtəlif nəqliyyatlarla daşınması ilə yaranan olan qəzalardır. Son illərdə neft borularından neft maddələrinin oğurluq məqsədilə icazəsiz müdaxiləsi nəticəsində neft borularının qəzaları artmışdır. Bunun nəticəsində 1-2 hektar neftlə çirklənmiş torpaqların ümumi həcmi 3000-dən 10000 m³-ə qədər çatır, torpağın çirklənmə dərəcəsi isə 100-400 q/kq arasında təbəddüd edir.

Neft və qaz buruqlarının tikilməsi zamanı qazma tullantılar əmələ gəlir ki, onlar da qazma sularından, işlənmiş qazma məhlullarından, qazma süxurlarından və ya qazma şlamlarından ibarət olurlar. Bu maddələr ətraf mühitə mənfi təsir göstərirlər. Tullantıların əmələ gəlməsinə bir neçə amillər təsir göstərir: qazma işlərini aparmaq üçün istifadə olunan qazma texnologiyası, buruğun dərinliyi, istifadə olunan su sistemi və suyun xaric edilməsi, təbii-iqlim amilləri və s. 4500-5200 m bir buruğun tikilməsi zamanı 6-8 min kub metr buruq tullantıları əmələ gəlir. Hal-hazırda qəbul edilmiş qaydalara və quyuların tikilmə texnologiyasına görə qazma zamanı əmələ gələn tullantıların yığılması və şlam anbarlarında saxlanması nəzərdə tutulur. Baxmayaraq ki, şlam anbarlarında bəndlərinin tikilməsi, onların dibinin və divarlarının hidroizolyasiyası nəzərdə tutulur amma ətraf mühitin qazma tullantıları ilə çirklənməsinin qarşısı alınmır. Hal-hazırda şlam anbarların ləğv olunması və qazma zamanı əmələ gələn tullantıların utilizasiyası neft-qaz sənayesinin ən aktual problemlərindən biri olaraq qalır. Torpaq laylarında yığılaraq, qazma mayelərin çirkləndirici maddələri torpağın münbitliyini azaldır, eroziya prosesləri-

nin gedişini gücləndirir, torpağın bioloji aktivliyini azaldaraq onun özü-özünün təmizləməsi qabiliyyətini zəiflədir.

Neft çox paradoksal bir maddədir. Özü təbiətin törəməsi olaraq səthə düşdükdə canlıları məhv edir. Neft və ağır neft məhsulları özləri az toksikdirlər, lakin onların yüksək miqdarı torpağın su-fiziki xassələrini pisləşdirərək, onların məhsuldarlığını itirir. Kanserojen və mutagen xassələrə malik olan politsiklik aromatik karbohidrogenlərlə çirklənmiş torpaqlarda bitkilərin yetişdirilməsi canlıların və insanın saqlamlığına ziyan gətirir. Neft maddələrinin torpağın susaxlayan təbəqəsinə, çaylara və hovuzlara çatmasının mümkünlüyünü nəzərə alaraq, yeraltı və yerüstü suların çirklənmə ehtimalını artırır. Öz tərkibində neft maddələri olan su istifadə oluna bilməz.

Neftlə çirklənmiş torpaq və süxur ətraf mühitin təhlükəli tullantılarına aiddirlər (Приказ Госкомэкологии РФ, 1997). Çirklənmələr ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinə mənfi təsir göstərərək torpağın, yeraltı və yerüstü suların çirklənməsinə gətirib çıxarırlar. Eyni zamanda yüz min insanlar xam neftlə bir başa çirklənmiş zonalarda və onun yaxınlıqlarında yaşayırlar. Bir çox hallarda yaşayış evləri neft quyularının yaxınlığında yerləşir, işləyən quyular isə addımbaşı yaşayış binaları ilə əhatə olunur. Torpağa tökülən neft bir çox hallarda buxarlanaraq yaşayış binalarının ətrafındakı atmosferi çirkləndirir, qismən, torpağa hopdurularaq onların tərkibində politsiklik aromatik karbohidrogenlərin (benzopiren və s.) miqdarını artırır. Və bununla yüksək miqdarda politsiklik aromatik karbohidrogenlərlə zəngin olan torpaq potensial olaraq kanserojen və mutagen xassələrə malik ola bilər (Скворцова, 1989). Bu isə öz yerində, ətraf mühidə yaşayan insanların həyatına və onların sağlamlığına uzunmüddətli və davamlı təsir göstərə bilər. Belə ki, bütün karbohidrogenlər ürək-damar sisteminə və qanın xassələrinə (hemoqlobinin və eritrositin aşağı düşməsi) təsir göstərir, qara ciyərin zədələnməsinə və endokrin vəziləri-

nin pozulması mümkündür. Maye halında olan neft dəriyə də təsir göstərərək, dermatitlərin və ekzemaların yaranmasına təkan verir.

Torpaqlar və süxurlar o vaxt çirklənmiş hesab olunurlar ki, onların tərkibində neft məhsullarının miqdarı elə bir həcmə çatır ki, ətraf mühitdə mənfi ekoloji dəyişmələr başlanır: torpaq sistemində ekoloji tarazılıq pozulur, torpaq biotası məhv olur, bitkilərin məhsuldarlığı aşağı düşür və ya onlar məhv olur, torpağın morfologiyası, su-fiziki xassələri dəyişir, onların münbitliyi azalır. Neft məhsulları torpaqdan ya da süxurlardan yuyulub aparmaqla və suda həll olunması nəticəsində yeraltı və yerüstü suların çirklənmə təhdükəsi artır.

Torpaqların çirklənmə dərəcəsini təyin etməklə onlarda xüsusi təmizləmə işlərinin aparılmasının məqsədəuyğundur. Torpağın çirklənməsinin təhlükəli dərəcəsi o dərəcə qəbul edilir ki, o torpağın öz-özünü təmizləmə potensialını aşır.

Torpaqlarda və süxurlarda neft maddələrinin minimal miqdarı o dərəcə sayılır ki, onun artımı ətraf mühitin pozulmasına gətirə bilər və bu hədd *yuxarı təhlükəsiz miqdarın həddi* kimi hesab olunur (Пиковский, 1993). *Torpaqlarda neft və neft məhsullarının yuxarı təhlükəsiz miqdarının həddi* (YTMH) bir çox amillərin uyğunlaşmalarından asılıdır, məs: topaqların və süxurların tipi, tərkibi və xassələri, iqlim şəraiti, neft maddələrinin tərkibi, bitkilərin tipləri, torpağın istifadə qaydası və s. Bununla əlaqədar olaraq, bu normalar iqlim şəraitdən və torpaqəmələgəlmənin tipindən asılı olaraq fərqlənməlidirlər.

Torpaqların neft maddələrilə çirklənməsinin normalaşdırılması üçün YTMH-nin müəyyən edilməsi kifayət deyil. Bu da ondan irəli gəlir ki, Azərbaycanın təbii ekosistemləri yüksək öz-özünü təmizləmə potensialına malikdirlər. Onlarda karbohidrogenləri parçalayan aktiv fiziki-kimyəvi və mikrobioloji proseslər mövcuddur. Buna görə də, əgər

vaxtlı-vaxtında çirklənmənin mənbəyi ləğv olunarsa, torpaqlarda neft maddələrinin miqdarı tədricən azalaraq təhlükəsiz həddə çatır. Bunu əyani surətdə köhnə və istismardan çıxan neft quyularının ətrafında olan ərazilərdə müşahidə etmək olar. Təbii proseslər bir başa işləri apararaq ətraf sahələri neft maddələrindən təmizləyirlər. Bu hallarda xüsusi təmizləmə işlərini aparmaq ekoloji nöqtəyi nəzərdən səmərəli sayıla bilməz, ona görə ki, bu işləri aparən müddətdə torpaq ekosisteminə daha artıq zərər gətirmək olar.

Hər bir zona üçün neft maddələrinin miqdarının torpaq-süxurlarında aşağı həddini müəyyən etmək lazımdır ki, o həddi aşanda torpaq özü çirkləndirici maddələrin öhdəsindən gələ bilmir, onun öz-özünü təmizləmə potensialı lazımi səviyyədə olmur. Bu dərəcə torpağın *özü-özünü təmizləmə potensialının yuxarı həddi* kimi adlandırıla bilər. Torpaqlarda neft maddələri özü-özünü təmizləmə potensialının yuxarı həddindən artıq olduqda, bərpa işləri aparılmalıdır, ona görə ki, bu tədbirlər görülməsə, onlar deqradasiya mərhələsindən çıxıb bilməyərək, daima ətraf mühitə mənfi təsir göstərəcəklər. Bu təqdirdə, neft maddələrinin təhlükəsiz yuxarı miqdarının həddi torpaqlarda təxmini icazə verilən səviyyə kimi qəbul edilə bilər (Пиковский и др., 2003). Torpağın neft məhsulları ilə çirklənməsinin təxmini icazə verilən səviyyəsi kimi torpağın yuxarı, humus-akkumulyativ horizonunun aşağı icazə verilən çirklənməsinin o dərəcəsi qəbul edilə bilər ki, mövcud olan təbii şəraitdə torpaq özünün münbitliyini bərpa etməyə qadir olsun və torpağın biosenozu üçün mənfi təsirlərinin nəticələri isə öz-özünə aradan qaldırılırsın. Bununla da ehtimal etmək olar ki, neft və neft məhsulları üçün torpaqdakı təxmini icazə verilən səviyyə bütün tip torpaqlar və təbii zonalar üçün bərabər ola bilməz. Eyni zamanda ağır neft məhsulları üçün təxmini icazə verilən səviyyə yüngül neft məhsullarına nisbətən aşağı olmalıdır. Təklif olunur ki, yüngül neft məhsulları üçün

təxmini icazə verilən səviyyə öz-özünü təmizləmə qabiliyyəti aşağı olan torpaqlar üçün 2000 mq/kq, orta qabiliyyətli üçün – 4000 mq/kq, yüksək qabiliyyətə malik olan torpaqlar üçün 8000 mq/kq qəbul edilə bilər. Yüksək öz-özünü təmizləmə qabiliyyətinə malik olan Azərbaycanın bütün ərazisində yüngül neft məhsulları üçün təxmini icazə verilən səviyyəni 8000 mq/kq, ağır neft məhsulları üçün təxmini 4000 mq/kq qəbul etmək olar. API-nin (Amerika Neft İnstitutunun) tədqiqatları göstərmişdir ki, torpaqda karbohidrogenlərin miqdarı 1% və ondan az olduqda bu normal hal kimi qəbul edilir və dənli bitkilərin inkişafına mənfi təsir göstərmir (API, 1993; 1987; Yonkin W.E., Jonson D.L., 1980).

Xarici dövlətlərdə neft məhsullarının torpaqda yuxarı icazə verilən səviyyəsi kimi 1-3 q/kq qəbul edilir, onun miqdarı 20 q/kq-a və ondan artıq olanda ciddi ekoloji itkilər baş verir. Yaxın ölkələrdən Tatarıstanı (Rusiya) istisna etməklə, neft məhsulları üçün icazə verilən hədd (İVH) işlənib qəbul edilməmişdir. Tatarıstanda torpaqda neft məhsulları üçün İVH 1,5 q/kq qəbul edilmişdir ki, bu da translokasion (fito-akkumulyativ) təhlükə dərəcəsinə uyğundur. Rusiyada neftin torpaqda İVH-i 1000 mq/kq təyin olunub (Методические указания..., 1995).

Ukraynada neft və neft məhsulları üçün torpaqda İVH təyin edilməmişdir, lakin təxmini icazə verilən miqdara istinad edilir (0,2 mq/kq) (Методика..., 1998). РД 41-5804046-200-91-də (1991) isə torpaqda təxmini icazə verilən miqdar 4 q/kq təyin olunub. Nefti emal edən müəssələrin yanında, nefti hasil edən sahələrdə toraqdakı karbohidrogenlərin fon tərkibi 3-6 q/kq-a çata bilər.

Avropa ölkələrində torpaqlarda karbohidrogenlərin geokimyəvi fonu (klarkı) 0,01-0,5 q/kq arasında olur. Almaniya da neft karbohidrogenləri (mineral yağlar) üçün icazə verilən hədd sahələrin kateqoriyasından asılı olaraq geniş həddə – 300-dən 5000 mq/kq-a qədər quru maddə təyin

edilmişdir. Hollandiyada neft karbohidrogenlərinin torpaqdakı icazə verilən miqdarı 50 mq/kq təyin edilmişdir, onların miqdarı 5000 mq/kq-a çatdıqda müdaxilə etmək tələb olunur. Azərbaycanda torpaq üçün neftin miqdarı fon miqdarı, yəni 0,05 mq/kq təyin edilib, neft ilə çirklənmiş ərazilər üçün isə fon tərkibi 100 mq/kq miqdarında təyin ediliblər. Ukraynanın fiziki-coğrafi şəraitini (iqlimi, torpaqların tipi və xassələri, bitki və s.) və eləcə də torpaqlarda öz-özünü təmizləmə proseslərinə təsir göstərən torpaqların istifadəsi qaydalarını nəzərə alaraq, torpaqlarda neft məhsullarını zərərsizləşdirmək məqsədilə işləri görüldükdə, torpaqlarda və süxurlarda neft və neft məhsullarının qradasiyalrı bu cür qəbul edilmişdir: çirklənməmiş torpaqlar üçün –1,5 q/kq qədər, zəif çirklənmiş torpaqlar 1,5-dən 5,0 q/kq-a qədər, orta çirklənmiş torpaqlarda 5-13 q/kq, şiddətli çirklənmiş torpaqlarda 13-dən 25 q/kq-a qədər və artıq dərəcədə şiddətli çirklənmiş torpaqlar üçün 25 q/kq-dan artıq. Zəif çirklənmiş torpaqlar öz-özünü təmizləmə təbii proseslərində yaxın 2-3 il ərzində təmizlənir, orta çirklənmiş torpaqlar isə 4-5 il ərzində təbii proseslərin nəticəsində təmizlənir. Torpaqda neft karbohidrogenlərinin miqdarı 13 q/kq-mı aşdıqda, o zaman ciddi ekoloji itkilərin baş verməsi başlanır. Bu şəraitdə neft və neft məhsullarının yeraltı sulara miqrasiyası başlana bilər və torpaq biosenozunda ciddi ekoloji tarazlığın pozulması yaranır.

Bir qayda olaraq neft və neft məhsulları ilə çirklənmiş torpağın münbitliyi ciddi şəkildə aşağı düşür və bu da rekultivasiya işlərini aparılmasını tələb edir.

Rekultivasiya işlərinin əsas mahiyyəti təbii öz-özünü təmizləmə proseslərini sürətləndirmək, ekosistemlərin daxili resurslarının özünün əvvəlki funksiyalarının, müxtəlif tədbirlərin, məsələn, torpağın şumlanması və süni mikrorelyefin yaradılması, torfun və ya üzvi mineral gübrələrin, əhəngin, mikroorqanizmlərin verilməsi, lazım olduqda torpağın nəmliyini saxlamaqla meliorant otların əkilməsi və s. bərpa

edilməsi üçün maksimal mobilizasiyadan ibarətdir (Исмаилов Н.М., 1983;1993; 1996; Исмаилов, Ахмедов, Ахмедов,1988; Исмаилов, Мамедьяров, 1988; Исмаилов, Удовиченко, Мамедьяров, 1999; Исмаилов, Аскеров, 2001; Гасымлы и др., 2005).

Neft maddələrilə çirklənmiş torpaq-süxurların təmizlənməsinin əsas konsepsiyası aşağıda göstərilən işlər daxil olmaqla kompleks tədbirlərin görülməsindən ibarətdir:

- neft çirklənmələrinin lokallaşdırılması;
- əmtəlik neft məhsullarının və eləcə də çirklənmiş bitki qalıqlarının, zibillərin emalı və ya da utilizasiyası üçün yığılması;
- kimyəvi meliorasiya (mineralların-bentonit gillərin, boksit filizlərin, karkas silikatların, yanmış və ya yanmamış əhəngin, və s. neftin kimyəvi parçalanması üçün istifadəsi);
- bioremediasiya-neft maddələrilə çirklənmiş torpaqları və suları karbohidrogeni parçalayan mikroorqanizmlər əsasında bioloji dərmanların, onları qidalandırmaq üçün lazım olan biogen əlavələrin və ya da nefti parçalamağa qadir olan təbii mikroorqanizmlərin inkişafını stimullaşdırmaq üçün bioloji aktiv maddələrin–emulqatorların, fermentlərin, şəkərlərin, mineral duzların istifadəsi;
- kənd təsərrüfatında istifadə etmək üçün planlaşdırılan çirklənmiş torpaqların bioloji rekultivasiyası (fitomeliorasiya) – özündə gələcəkdə siderat kimi istifadə olunan bitkilər daxil olmaqla növbəli əkin, mineral gübrələrin yüksək dozaları verilməklə mulçalamaq və s.).

Bir qayda olaraq, pozulmuş süxurların remediasiyası (reabilitasiyası) əsas iki mərhələdən ibarətdir: **texniki** və **bioloji**.

Obyektin texnoloji xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq, birinci mərhələdə süxurların bərpasını ən rentabelli üsullarla aparmaq labüddür.

Neft məhsulları ilə çirklənmiş torpaqlara uyğun olaraq rekultivasiyanın bioloji mərhələsində karbohidrogenlərin miqdarı torpaqda ekoloji təhlükəsizlik dərəcəsinə qədər azalmalı, davamlı və öz-özünü idarə etməyə malik olan ekosistem yaratmalıdır.

Neft hasilatında və onun emalında, eləcə də üzvi maddələrin istehsal zamanı əmələ gələn çirklənmələrin təmizlənməsi istiqamətlərində işlər daha da sürətlə inkişaf edir. Bir qayda olaraq, çirklənmiş torpaqların və su hövzələrinin təmizlənməsi ilə məşğul olan təşkilatlar adətən, bu müəssələrin yerləşdikləri rayonlarda fəaliyyət göstərirlər.

Kitabda neftlə çirklənmiş torpaq-süxurlarının bioremediasiyasının layihələndirilməsi, elmi və təşkilati problemlərin prinsipləri təqdim olunur. Bu üsullarla neft və neft maddələrilə, hasili zamanı, daşımada və laylara su vurulması zamanı qəzalar nəticəsində lay suları ilə çirklənmiş torpaqlar, eləcə də «köhnə» və yeni əmələ gələn neft tullantıları, neft şlamları, qəza-texnoloji anbarlarda, işlənmiş karxanalarda, ayrı-ayrı sahələrdə saxlanılan qazma şlamları təmizləmə və bərpa oluna bilərlər.

Təqdim edilən üsullar və yanaşmalar müxtəlif qranulometrik xüsusiyyətlərə malik olan neft və neft məhsulları ilə çirklənən süxurların, neftli qumların və eyni zamanda karbohidrogen və ya sintetik karbohidrogenli qazma şlamlarının təmizlənməsində istifadə oluna bilərlər. Belə təmizləmə işləri iki variantda aparıla bilər: bir başa çirklənmiş sahədə (in situ), ya da ki, çirklənmiş sahənin kənarında yerləşən xüsusi fermentasiya tarlalarında (ex situ).

Fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri nəzərə alaraq (torpağın tipi, aqrokimyəvi xassələri, qranulometrik xassələri, çirklənmənin dərəcəsi və dərinliyi, çirkləndiricinin xüsusiyyəti və s.) və ekoloji durumundan (hidrotermik rejimi, bioiqlim

potensialı və s.) asılı olaraq təmizləmə işlərinin Strategiyası və İş Planı tərtib olunmalıdır.

2.1. Rekultivasiya proseslərinin idarəetmə prinsipləri

Torpaq «ekosistemdə ekosistemdir», yəni onda gedən proseslərin yüksək avtonom səviyyəsinə malikdir. Buna görə də, ekoloji istiqamətlənən remediasiyanın məqsədi torpaqların münbitliyinin öz-özünü bərpaasının idarə edilməsidir.

Remediasiya proseslərinin idarə edilməsinin ehtimalı bir neçə determinant məhdudları ilə məhdudlaşdırılır: *ehtiyatlardan*- bunlar torpağın xassələrinin müəyyən bioiqlim şəraitində kompleks amillərini əks etdirir; *bioloji* – torpaqda gedən proseslərin intensivliyinin kəmiyyətlərindən asılıdır; *ekoloji*- remediasiya işləri limitlər ilə aparılır və nəhayət-*iqtişadi* məhdudlar. Hər bir zona üçün neftlə çirklənmiş torpaqların remediasiya sistemlərinin idarə etməsini hazırlayarkən, resurs məhdudlaşdırıcıları nəzərə alınmalıdır. Bazar iqtisadiyyatında remediasiyanın ən mümkün idarə olunan remediasiya sistemi və ona müvafiq olan remediasiya texnologiyasından ona görə inkar etmək olar ki, o ekoloji baxımdan özünü doğrultmayan qeyri təsərrüfat məxaricləri ilə sıx bağlıdır.

Ehtiyat məhdudlaşdırıcıları - bunlar «birinci dərəcəli» məhdudlardır, torpaqəmələgəlmə amilləridir (torpağın təbii xassələrini əks etdirən, iqlim ilə bağlı olan və s.). Tamamilə aydındır ki, düzənlik zonalarında, Azərbaycanın, Türkiyənin və Gürcüstanın dağlıq zonalarında bioremediasiya proseslərinin idarəedilməsinin məhdudlaşdırıcıları fərqli olacaqdır. Azərbaycanın düzənlik zonalarında məhdudlaşdırıcıların siyahısına torpaqda üzvi maddələrin çatışmamazlığı, yağıntılarda və suyun miqdarı, torpaqların şoranlaşması və şoranlıq, süni suvarma zamanı duzların yuxarı qalxması təhlükəsi daxildir. Dağ rayonlarında isə – suyun artıq olma

ehtimalı və bunun nəticəsində neft maddələrinin axınının yayılmasıdır.

Neftlə çirklənmiş torpaqların bərpa sistemini hazırlayarkən, torpağın xüsusiyyətləri mütləq nəzərə alınmadır.

Bioloji məhdudlaşdırıcılar. Neftlə çirklənmiş torpaqların remediiasiyasının idarə sistemlərini hazırlayarkən nəzərə almaq lazımdır ki, torpaqda gedən bioloji proseslər bioremediasiya proseslərinin ən əsas hissələrindən biridir. Bu halda nəzərə almaq lazımdır ki, torpaqda gedən hər hansı bioloji prosesin intensivliyinin yuxarı həddi vardır. Hər bir tip torpağa ona məxsus olan mikrob assosiasiyası səciyyəvidir, onun ehtimal olunan biokimyəvi aktivliyinin həddi bioremediasiya üsullarının istifadəsinin mümkünlüyünü həll edə bilər. Bioloji məhdudlaşdırıcılar karbohidrogenlərin parçalanmasının ən qısa müddətini və hər hansı bir biostimullaşdırma üsullarından istifadəsini göstərir.

İqtisadi məhdudlaşdırıcılar. Bazar iqtisadiyyatı şəratində çirklənmiş ekosistemlərin bərpası üçün istifadə olunan texnologiyalar o zaman qəbul edilə bilərlər ki, əgər onlar lazım olan tədbirləri ən sərfəli maddi və maliyyə xərcləri sərf etməklə yerinə yetirməyə nail olsunlar. Remediasiya üsullarından istifadənin nəticələrinin iqtisadi qiymətləndirilməsi zəruridir.

Ekoloji məhdudlaşdırıcılar. Bunlar elə texnologiyaların istifadəsini tələb edirlər ki, onlar mövcud təbii-iqlim zonasına uyğun olsun və mənfi ekoloji nəticələrin yaranmasına - landşaftların dağılmasına, ətraf mühitin təkrar çirklənməsinə, bioloji müxtəlifliyin zəiflədilməsinə səbəb olmasın. Buna görə bioremediasiya texnologiyalarını hazırlayarkən, təmizləmə texnologiyalarının ekoloji nəticələrinin bütün tərəfləri tam şəkildə hesablanıb nəzərə alınmalıdır.

Neftlə çirklənmə zamanı ekologiya amillərinin üç qrupu qarşılıqlı əlaqədə olurlar və bunları torpaqların neftlə çirklənməsinin nəticələrini qiymətləndirərkən nəzərə almaq lazımdır:

- dəyişməkdə olan neft tərkibinin mürəkkəbliyi, polikomponentliyi, onun tərkibində toksik maddələrinin olması (məsələn, bu qazma şlamlarına xasdır);
- təkamül proseslərində inkişaf edən torpaq ekosisteminin özünün mürəkkəbliyi, onun tərkibinin və strukturunun heterogenliyi;
- zahiri amillərin çeşidliyi və dəyişgənliyi (temperatur, nəmlik, atmosferin vəziyyəti, yağıntıların miqdarı və s.).

2.2. Neft borularının tikilməsi zamanı və onların üzülməsi nəticəsində əmələ gələn torpaqların rekultivasiya prinsipləri

Orta hesabla 1 km magistral boru kəmərinə çəkən zaman torpağın təqribən 2 hektar səthi pozulur. Aydındır ki, uzunluğu 100 kilometrə qədər magistral kəmərlərin salınması yüzlərlə kilometr münbit torpaqların pozulmasına səbəb olur. Kəmərlərin çəkilməsi zamanı torpaqlar və süxurlar mütləq bərpa olunmalıdır. Bərpa layihələri hazırlama mərhələsində müəyyən olunur:

- borunun istiqaməti boyu bərpaya zəruri olan təsərrüfatların həddləri;
- hər bir sahə üçün çıxarılan münbit qatın qalınlığı;
- ayrılan zolaq üçün rekultivasiya zonasının eni;
- çıxarılan münbit torpaq qatını müvəqqəti saxlamaq üçün layın yeri;
- torpağın münbit layının çıxarılması, daşınması və yayılmasının qaydası;
- artıq olan mineral süxurun yığılmasının və aparılmasının həcmi və üsulu, eyni zamanda onun müəyyənləşdirən yerdə boşaldılması;
- borunun üstü örtüldükdə yumşaldılmış mineral süxurun və torpağın münbit qatının sıxlaşdırılmasının üsulları;

Münbit torpağın çıxarılması borunun eni ilə, plyus borunun iki tərəfindən 0,5 m torpağın çıxarılması daha yaxşıdır. Bundan sonra ekskavatorun köməyi ilə mineral süxur çıxarılaraq boru ətrafında yığılır. Borunun salınmasından sonra üstünə əvvəl mineral süxur tökülür, sonra isə torpağın münbit qatı bərabər yerləşdirilir. Tökülmüş süxur-torpaq bir qədər qapandıqdan sonra, qatlar tırtıllı traktorun köməyi ilə toxaqlanır.

Magistral boruların tikilməsi zamanı torpaqların səmərəli rekultivasiyası torpaq işlərinin aparılmasının həcmi azaldır, torpağın bioloji aktiv qatının qorunmasını təmin edir, torpağın və ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısını alır.

2.3. Bioremediasiya - əsas yanaşmalar

Bazar iqtisadiyyatının tələblərinə uyğun olaraq, remediasiya texnologiyası torpaqların və su mənbələrinin bir çox çirkləndirici maddələrdən təmizlənməsi istiqamətlərində inkişaf edir. Bununla əlaqədar olaraq, ətraf mühitin təmizlənməsi üçün texniki, fiziki-texniki və bioloji istiqamətlərdə 27 tip texnologiyalar işlənmiş və istifadə olunmaqdadır. Təcrübədə lap tez-tez çirklənmiş qatın mexaniki üsulla çıxarılması, onun daşınması və konservləşdirilməsindən istifadə olunur. Lakin bu üsulların istifadəsi zamanı bu cür məsələlər elə asan həll olunmur. Eyni zamanda yayılmış neft və neft məhsullarının çirklənmələrini elə yerindəcə yandırmaq üsulundan istifadə etmək olar. Bu üsulun çatışmamazlığı ondan ibarətdir ki, neftdən istifadə yalnız torpağın üst qatında olur və eyni zamanda közərmənin nəticəsi olaraq, təbii biosenozlar məhv olur, atmosfer havasının yanma maddələri ilə çirklənməsi müşahidə olunur. Çirklənmiş torpaqların fiziki təmizlənməsi üsullarına tərkibində 5%-dən artıq neft maddələri olan mazutlaşmış və bitumlaşmış torpaqların mexaniki yolla çıxarılması, yaxud neft maddələrinin qaysağının hidronasoslar vasitəsilə yığılması və ondan sonra

sahəni keramzitlə, qumla, əhəng ilə örtülməsi prosesləri aid olunurlar.

Hal-hazırda ən işlənilmiş remediəsiya texnologiyalarının əsas növlərinə fiziki-kimyəvi, kimyəvi, termik və bioloji üsullar aiddir. Fiziki-kimyəvi üsullar bioloji üsullardan işlənən texnologiyaların yüksək standartlaşdırılması ilə alınan nəticələrin operativliyi və birmənalılığı ilə fərqlənir, lakin, torpağa göstərilən sərtliyi ilə və xərclərin 10-40% artırq olması ilə onlardan geridə qalırlar.

Çirklənmiş torpaqların kimyəvi rekultivasiya üsullarına torpağın yüksək aktivli adsorbentlərlə, əhənglə, natri-sulfatla, dəmir oksidi ilə, yuma ilə qipsləşdirmə, üzvi və mineral gübrələrin verilməsilə becərilməsi aiddir. Təmizləmə işlərinin səmərəliliyi reagentlərin və ekotoksikantların reaksiya xüsusiyyətlərindən bir başa asılıdır. Reagentin su məhlulunu süxur ilə qarışdırırlar və nəticədə qidrofob ovuntu əmələ gəlir. Bu texnologiyaların üstünlüyü ondan ibarətdir ki, neft maddələri parçalanır və ağır metallar fiksasiya olunur.

Reagent üsulların ümumi qüsuru zərərsizləşdirmə dərəcəsinin reagentlərin qarışdırılmasından və təmiz olmasından asılılığıdır. Əmələ gələn ovuntu tam qidrofob xassələrə malik olmur. Ovuntu su məsələlərinə düşdükdə, onun tərkibində olan üzvi maddələr təbii mikroorqanizmlər tərəfindən tədricən parçalanır, bunun nəticəsi olaraq ətraf mühit təkrar olaraq çirklənməyə məruz qalır.

Torpaqdakı toksikantların kimyəvi oksidləşdirilməsində bir neçə oksidlərdən istifadə olunur: oksigen, hava, ozon, hidrogenperoksid və kaliy permanqanat. Bu texnologiyalardan əksəriyyət hallarda 0,2 mkq/kq-dan 12 q/kq-qa qədər olan xlorlaşdırılmış (üçxloretillen, üçxloramin, polixloretilen) süxurları təmizləmək məqsədilə istifadə olunur. Yuxarıda göstərilən kimyəvi immobilizasiya texnologiyasından eyni zamanda ağır metalların, politsiklik və aromatik karbohidrogenlərin, xlorlu üzvi maddələrin calanmasın-

da geniş istifadə olunur. Bu texnologiyaların çatışmamazlığı ondan ibarətdir ki, əmələ gələn kompozitlərin süxur və havanın suyuna qarşı möhkəm olmamasıdır. İmmobilizasiya zamanı neft maddələrinin enerji mənbəsi kimi itirilməsi müşahidə olunur.

Neftli çirklənmələrin disperqasiyasını və mikroorqanizmlərlə sıx kontaktını təmin edən üsullardan biri torpağa üst-səthi maddələrin verilməsidir. Yuyucu maddələr neft maddələrini su ilə torpaqdan yuyular. Üst-səthi maddələrlə mineral gübrələrin verilməsi uyğunlaşdırılaraq bioloji parçalanmanın sürətini artırır.

Remediasiya və ya bioremediasiya?

Çirklənmənin yüksək dərəcəsində iqtisadi nöqtəyi-nəzərdən daha sərfəli və səmərəli fiziki-kimyəvi və bioloji üsulların birgə (ardıcıl sürətdə) istifadəsidir. Torpaq-süxurlarının çirklənmə dərəcəsi 5-7% -dan artıq olduqda ardıcılıqla birinci mərhələdə fiziki-kimyəvi, sonra bioloji üsuldan istifadə olunur. Torpaqda çirklənmə dərəcəsi 5-7%-dan az olduqda, bir dəfəlik bioloji üsuldan istifadə etmək daha səmərəlidir.

Fiziki-kimyəvi üsullar çirklənmiş süxurları təmizləmək məqsədilə bir neçə metodların istifadəsini nəzərdə tutulur. Bu üsulların istifadəsi zamanı çirklənmiş süxur çıxardılaraq xırdalanır, su ilə qarışdırılır (maye-bərk fazaların müxtəlif nisbətində), qızdırılır, xüsusi kameralara, məsələn, hidrosiklonlara yerləşdirilir və orada çirkləndirici maddələr ya yuyulur, ya da ki, ekstraksiya olunur. Qəbul edilir ki, ətraf mühitin təmizlənməsində fiziki-kimyəvi üsullar bioloji üsullara nisbətən daha da etibarlı və səmərəlidirlər. Fiziki-kimyəvi üsullar bir qayda olaraq, çirklənmiş süxurların konkret xassələrindən az asılıdırlar və praktiki olaraq çirklənmiş zonada olan iqlim şəraitindən asılı deyillər. Bioremediasiya üsulları üçün az idarə olunan bu amillərin mövcud olması həlledici ola bilər. Layihənin miqyasından

asılı olaraq remediatsiyada fiziki-kimyəvi üsulların istifadəsi bir neçə saatdan bir neçə günə və həftəyə qədər davam edə bilər, bunun əksinə, bioremediasiya bir neçə aydan bir neçə ilə qədər davam edə bilər.

Bununla belə, iri həcmli xüsusi həlledicilərin istifadəsi-ni nəzərdə tutan zaman ekoloji nöqtəyi-nəzərdən fiziki-kimyəvi üsulların istifadəsi yol verilməzdir. Belə ki, qalıq neft maddələrini çıxartmaq üçün təklif olunan kimyəvi reagentlər toksikdirlər, iki dərəcəli çirklənməyə səbəb olurlar, bəziləri (ilk növbədə tərkibində tsiklik aromatik karbohidrogenlərinin strukturları olan) biodeqradasiyaya məruz qalırlar. Termik üsullar isə təmizlənən torpaqlarda onların tərkibində olan təbii mikroorqanizmləri tamam məhv edir. Buna görə də bu üsullarla təmizlənmiş torpaqlarda onların biokimyəvi aktivliyini, onlara xas olan fiziki-kimyəvi və fizioloji-biokimyəvi funksiyaları formalaşması üçün böyük cəhd və uzun müddət tələb oluna bilər. Bununla əlaqədar olaraq kimyəvi həlledicilərdən və ya yüksək temperaturlardan istifadə olunan rekultivasiya üsullarının istifadəsi böyük həcmli (yüz min kub m.) bioloji solğun sükurların formalaşmasına gətirə çıxara bilər. Bu da öz növbəsində onların bioloji funksiyalarının bərpa edilməsi üçün çətin və olduqca bahalı problemləri həll etməyə gətirib çıxarır. Buna görə də, neftlə çirklənmiş torpaqların remediatsiya üsullarının seçimi zamanı həmişə ən populyar B.Kommonerin ekoloji qanununu yada salmaq lazımdır: «Hər şeyin haqqı verilməlidir».

Ekoloji nöqtəyi-nəzərdən fiziki-kimyəvi üsullardan ən qəbul edilə bilən üsullara neftlə çirklənmiş torpaqların bioloji parçalanan üst-səthi maddələrinin köməyi ilə qidrotsiklonlardan təmizlənməsi aiddir. Müxtəlif mexaniki tərkibli sükurlardan neft maddələrini səmərəli yuyan həlledicilərdən istifadə etdikdə isə torpaq biosenozlarını məhv etməyən texnologiya qəbul edilə bilər (Гасанов К.С., и др., 2004; 2004a; 2004b; Ляпифов, 2004).

Torpaqların bioremediasiya texnologiyasının əsas prinsipləri

Rekultivasiyanın bioloji üsullarına nefti parçalayan mikrob dərmanlarının verilməsi, torpaq mikroflorasının aktivliyinin artırılması, fitomeliorasiya – çox illik otların əkilməsi aiddir.

Biotexnoloji üsullar müxtəlif çirkləndiriciləri parçalamaq qabiliyyətinə malik olan mikroorqanizmlərdən istifadə etməyi nəzərdə tutur. Bioremediasiya terminin mənası *bio* – həyat (yunan), *remedio* – müalicə deməkdir.

Təbii şəraitdə neftlə çirklənmiş torpaqların öz-özünü təmizləməsinin aparıcı amili bioloji amildir. Bu mikroorqanizmlərin çirklənmiş torpaqlarda mövcud olan geniş spektrli üzvi maddələri parçalamaq qabiliyyətinə malik olmasına əsaslanır. Lakin təbii şəraitdə torpaqlarda neft maddələrindən öz-özünü təmizləmə prosesləri ləng gedir və aerasiyadan, oksigenin mümkünlüyü, azotun, fosforun mənbəyindən, nəmlikdən və s. amillərdən asılıdır. Ən intensiv olaraq süxurların təmizləməsində *bioremediasiya* - bioloji üsullardan istifadə olunur, onun da əsasını idarə edilən rejimdə biotexnoloji üsullar təşkil edir.

Bioremediasiya termini dedikdə, süxurların tərkibində olan çirklənmələrdən təmizlənməsi üçün istifadə olunan texnologiyalar və avadanlıqlar anlaşılır.

Biotexnologiyaların əsasını təşkil edən prinsiplər çirklənmiş torpaqlarda mövcud olan, ancaq mühitdə tam komplekt qida elementləri olmadığı səbəbindən çirkləndirici maddələri səmərəli parçalamağa qadir olmayan təbii mikroorqanizmlərin-destruktorların inkişafını biostimullaşdırmaqdır (*in situ* biostimullaşdırma) və eyni zamanda, ayrılmış mikroorqanizmlərin aktiv kulturlarının çirklənmiş torpağa introduksiyasıdır (*in vitro* biostimullaşdırma).

Hal-hazırda bioremediasiya proseslərində əsasən, aerob bakteriyalardan istifadə olunur. Aparılan tədqiqatlar bu mikroorqanizmlərin neft karbohidrogenlərini aktiv parçalamağa qadir olduğu göstərilib, onların əlverişli inkişafı

üçün lazım olan şəraitlərin tələbləri müəyyən olunub. Onların metabolizmi hər tərəfli öyrənilib və göstərilib ki, mikroorqanizmlər tərəfindən emal edilən neft maddələri insana və ətraf mühitə zərərli deyildir. Karbohidrogenləri parçalayan mikroorqanizmlərin bioloji preparatları siyahısında ən tez istifadə olunanlardan Pseudomonas, Rhodococcus, Bacillus, Arthrobacter, Acinetobacter, Azotobacter, Alkaligenes, Mycobacterium sinfinə aid olan bakteriyalar, Candida maye göbəkləri, Streptomyces sinfinə aid olan aktinomisetlər, Aspergillus və Penicillium sinfinə aid olan göbəklər və başqa mikromisetlərdir.

In situ biostimullaşdırma. Bu yanaşma torpağın daxilində olan və potensial olaraq çirkləndiricini parçalamağa qadir olan, lakin bir çox biogen elementlərin – azotun, fosforun, kaliumun və s. olmaması və ya da çatışmamazlığı nəticəsində inkişafı zəif olan təbii mikroorqanizmlərin inkişafının stimullaşdırılmasına əsaslanır. Belə halda, çirklənmiş torpaqların nümunələrində laboratoriya tədqiqatlarında çirkləndirici maddələri parçalamağa qadir olan mikroorqanizmlərin stimullaşdırılması üçün nə kimi və nə qədər miqdarda biogen elementləri torpağa əlavə olunması müəyyən edilir. Bir çox firmalar çoxlu miqdarda müxtəlif çirkləndiriciləri parçalamağa qadir olan çox saylı mikroorqanizmlərə patentləşdirilmiş stimullaşdırıcı bioloji əlavələri təqdim edirlər.

In vitro biostimullaşdırma. Onunla fərqlənir ki, çirklənmiş torpaq nümunələrinin biostimulyasiyası əvvəlcə laboratoriya və ya istehsalat şəraitində aparılır (bioloji reaktorlarda və ya fermenterlarda). Bu təqdirdə, bioloji reaktorlarda əsasən, çirkləndirici maddələri daha səmərəli parçalamağa qadir olan mikroorqanizmlərin inkişafı təmin edilir. Sonra bu yolla zənginləşmiş mikroflora çirklənmiş torpağa daxil olunur. Torpağa stimullaşdırılmış mikroorqanizmləri verdikdə, eyni zamanda, onların inkişafına lazım olan bio-

gen elementləri də verilir ki, bu çirkləndirici maddələri parçalamağın sürətini artırsın.

Bioauqmentasiya («biotəkmilləşdirmə»). Belə halda, əvvəlcədən müxtəlif çirklənmiş yerlərdən ayrılmış və ya da genetik yolla modifikasiya olunmuş ixtisaslaşdırılmış mikroorqanizmlər çirklənmiş torpağa böyük həcmdə daxil edilir. Bioauqmentasiya işləri görüldükdə torpağa ona xas olmayan mikroorqanizmlər daxil oluna bilər. Bu halda, ətraf mühitdə ekoloji təhlükəsizliyi qorumaq məqsədilə torpağa daxil olunan mikroorqanizmlərin monitorinqi aparılmalıdır. Çirkləndirici maddələrin tam utilizasiyasından sonra daxil edilmiş mikroorqanizmlərin miqdarı kəskin sürətdə azalmalıdır.

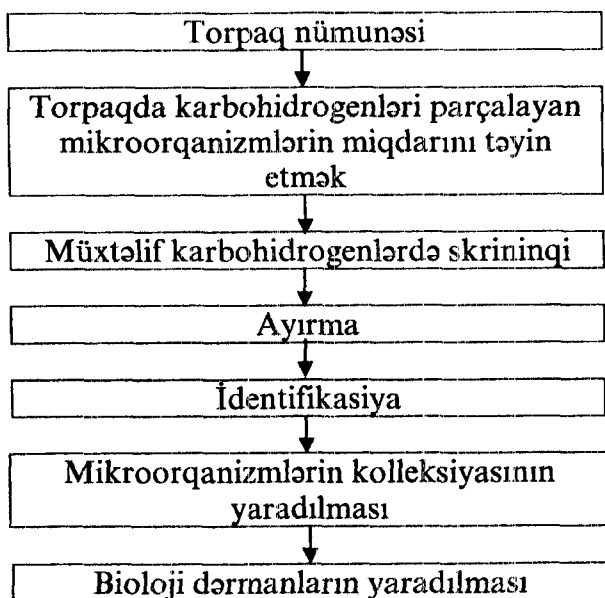
Biostimullaşdırma və ya da bioauqmentasiya? Bioauqmentasiyadan aşağıda göstərilən hallarda istifadə etmək gərəkdir:

- çirkləndirici maddələrin inkişafı üçün optimal şərait yarandığı təqdirdə də təbii mikroorqanizmlər tərəfindən parçalanmağa müqavimət göstərirlər, yəni ki, biostimullaşdırma səmərəli olmamışdır;
- çirkləndiricilərin miqdarı torpaqda ya nisbətən yüksəkdir (təbii mikroflora çirkləndirici maddələrin «öhdəsindən gəlmir»), ya da ki azdır (təbii mikroflora çirkləndirici maddənin keyfiyyəti ilə «öhdəsindən gəlmir»);
- çirklənmiş sahənin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri təbii mikrofloranın inkişafını ya qeyri - mümkün edir, ya da ki onların inkişafını sarsıdır;
- bioremediasianın vaxtını daha da azaltmaq ehtimalı olduqda və ya onun səmərəsini artırıdığında, yəni ki torpaqda çirkləndiricinin qalıq miqdarının torpaqda daha da az göstəricilərinə nail olmaqdır.

Bir çox firmalar müxtəlif qrup və növ çirkləndiricilərin utilizasiya qabiliyyətinə malik olan mikroorqanizmlərinin kolleksiyalarının sahibidilər. Bu təqdirdə, layihənin ilkin mərhələsində kolleksiyadan çirkləndiriciləri daha səmərəli və aktiv parçalamağa qabil olan mikroorqanizm (ya da ki, mikroorqanizmlərin qarışığı) seçilir. Bu yolla seçilmiş mikroorqanizmlər bundan sonra bioloji reaktorlarda torpağın şəraitinə daha uyğun olan şəraitdə artırılır. Bu cür artırılmış mikroorqanizmlərin biokütləsi lazım olan həcmdə çirklənmiş torpağa verilir. Eyni zamanda, torpağa biogen maddələr verilir və lazım olan aqrotexniki tədbirlər aparılır.

Aşağıdakı sxemdə çirklənmiş sahələrdən mikroorqanizmlərin-dekstruktorların ayrılmasının etapları göstərilir.

Mikrobların skriningi və analizi



Ekosistemin təmizlənməsində hər bir istifadə üçün təklif olunan texnologiya onun ətraf mühitə qarşı zərərli olmadığını təsdiq edən rəsmi sertifikat ilə təmin olunmalı və müvafiq hökumət idarəsində qeydiyyatdan keçməlidir. Ətraf mühiti təmizləmək üçün görülən tədbirlərin yerli hökumət müvəkkili orqanı tərəfindən icazəsi olmalıdır.

Bioremediasiya üsullarını işləyib istifadə etdikdə fənlər arasında yanaşmaların inkişafı üçün səylər göstərmək lazımdır. Bu problemlər müxtəlif sənət mütəxəssislərinin - mühəndis, mikrobioloq, torpaqşünas, kimyaçı, ekoloq, hidrogeoloq və s. birgə kollektivinin təşkil olunması ilə həll olunur; bu mövcud elmi bilikləri (nailiyyətləri) hesaba almalı və elmin müxtəlif sahələrində çalışan alimlərin və mühəndislərin fəaliyyət koordinasiyası ilə; həyata keçirilir. Problemləri və qarşıya qoyulmuş məqsədləri daha yaxşı dərk etmək üçün, çirkənlənmiş obyektlərlə tanış olmaq məqsədilə elmi və mühəndis şəxslərin sahəyə baş çəkmələrini təşkil etmək; obyektin çirkənlənmə dərəcəsi və onun vəziyyəti haqqında sahədən laboratoriyaya və laboratoriyadan sahəyə mövcud olan axan informasiyalarla təmin etmək; layihədə iştirak edən bütün mütəxəssislər tərəfindən qəbul edilən müxtəlif konseptual, riyazi, fiziki və s. modellərin istifadəsi yolunu təşkil etmək lazımdır.

Obyektin heterogenlik haqqında qiymət alternativinin ya da tərtibli təmizləmə üsullarının, o cümlədən, bioremediasiya üsullarının seçilməsi çox vacibdir. Bu halda, aşağıdakı göstərilənlər işlənməli və tətbiq olunmalıdır:

- obyektin ilkin xüsusiyyətlərini müəyyən etmək üçün elmi və statistik baxımdan nümunələrin götürülməsini planı, hansı ki, obyektin heterogenli olduğunu əks etdirir və onun obyektə bioloji aktivliyinə təsir göstərən fiziki və kimyəvi parametrlərini müəyyən edir;

- sahədə çirkənlənmənin miqdarının və paylanması üçün müəyyən edilməsi
- süxurun qranulometrik və fiziki-kimyəvi xassələri haqqında tam informasiya;
- hidroloji kəmiyyətlər-su keçirmə əmsali, hidrorelyef, yeraltı suların səthinin dəyişməsi, suların qovuşduğu ərazi, su saxlayan qatın tipi və s.;
- təmizlənən torpaqların mikrobioloji və biokimyəvi aktivliyi;

Bioremediasiya üsullarının tətbiq olunmasının mümkünü və məqsədəuyğunluğunu müəyyənləşdirmək məqsədilə qəbul edilmiş standart metodlar və meyarlardan istifadə olunmalıdır. Bu məqsədlə aşağıda göstərilənləri etmək lazımdır:

- çirkənlənmələri bioloji üsulla parçalamaq məqsədi haqqında dəqiq məlumat olmalıdır;
- təmizlənmədə abiotik üsulları daxil edən, çirkənlənmiş torpağın endogen üsullarla emalının istifadəsi məqsədilə nəzarət tədqiqat işləri aparılmalıdır;
- statistik analizlərin etibarlılığını təmin etmək üçün təkrar ölçülər aparılmalıdır;
- obyektin müxtəlifliyini əks etdirən (torpağı, saxlayan hissəciklər, yeraltı sular və s.) nümunələrindən istifadə olunmalıdır;
- mövcud olan və əldə edilə bilən (bioremediasiya zamanı) şəraitlərini maksimal halda əks etdirən eksperimentlərin sxemi işlənməlidir;
- çirkənlənmələrin parçalanmasını təyin etdikdə kimyəvi analizlər ilə yanaşı, bu maddələrin toksikliyi də öyrənməlidir;
- biodeqradasiyanın sürətini daim təyin etmək və onu artıran bütün amilləri müəyyənləşdirmək lazımdır.

Bioremediasiya üsullarını - *in situ* və ya *in vitro* biostimullaşdırmanın seçilmə mərhələsində obyektin mikrob sisteminin xüsusiyyətini əks etdirən əlamətlərin ən əhəmiyyətli göstəricilərindən biridirlər. Mikroorqanizmlərin biokütləsi və miqdarı saprofitlərlə və nefti parçalayan mikroorqanizmlərlə qarşılıqlı münasibəti ifadə edən göstəricilərdən biri kimi qəbul edilə bilər. Neftlə çirklənmiş torpaqda bu maddələri parçalamağa qabil olan mikroorqanizmlər aşkar edilir. Bununla belə, mikroorqanizmlərin populyasiyasının miqdarı və çirklənmənin dərəcəsi arasında düz korrelyasiya ya ola bilər, ya da belə korrelyasiya olmaya bilər.

Torpağın mikroorqanizmlərlə zəngin olmasını qiymətləndirmək üçün şkalalardan istifadə oluna bilər (cədv.6).

Biodeqradasiyanın səmərəliliyini məhdud amilləri araşdırılmalı və onların səbəbləri təyin edilməlidir. Bunun üçün aşağıdakıları etmək lazımdır:

- biodeqradasiyanı məhdudlaşdıran fiziki-kimyəvi amillər-temperatur, pH, suyun aktivliyi, biogen elementlərin olması, mühitin toksikliyi və s. identifikasiya olunmalıdır;
- onların məhdudlaşdırıcı xassələrinin səbəbləri təyin edilməli;
- mikroorqanizmlər üçün toksikliyin səbəbləri müəyyənləşdirilməlidir.

Cədvəl 6. Torpağın mikroorqanizmlərlə zəngin olmasından asılı olaraq biostimulyasiya üsullarının planlaşdırılması üçün şkalalar

Torpağın zənginləşməsinin dərəcəsi	Bakteriyaların ümumi sayı		Bakteriyaların quru bi-okütləsi	Göbələklərin qiflərinin uzunluğu		Göbələklərin quru biokütləsi	ƏPA-da bakteriyaların sayı		Ejbi, Çapek və KAA mühitdə bakteriyaların sayı		Mümkün olan biostimulyasiya üsulları
	mlrd/qr	mlrd/sm ²	kq/ha	mq	m/sm ²	kq/qa	ml n/q	mln/s m ²	mln/q	mln/s m ²	
Çox miskin	1	50	42	30	750	120	1	25	1-2	50	in vitro
Miskin	1-2	50-100	42-85	30-100	750-2500	120-400	1-2	25-50	2-4	50-100	in vitro
Orta	2-5	100-200	85-170	100-300	2500-7500	400-1200	2-5	50-125	4-10	100-250	in situ
Zəngin	5-10	200-400	170-340	300-1000	7500-25000	1200-4000	5-10	125-250	10-20	250-500	in situ
Çox zəngin	>10	>400	>340	>1000	>25000	>4000	>10	>250	>20	>500	in situ

Lazım gələrsə, aşağıdakı yanaşmalardan istifadə edilə bilər:

- bioremediasiya qeyri optimal temperaturlarla məhdudlaşdırılırsa, kompostlaşdırmadan, mulçalamaqdan, burtlaşdırmaqdan və ya da bioreaktorlarda emal olunmadan istifadə edirlər;
- suda çətin həll olunan və sorbsiya olunmuş karbohidrogen çirklənmələrinin bioloji mümkünlüyünü çirklənmiş sahələrə verməklə, ya da ki, mikroorqanizmlərin bir başa çirklənmiş sahədə əmələ gətirən üst-səthi maddələrin köməyi ilə artırmaqla;
- suyun, elektron akseptonların, biogen elementlərin, kosubstratların və mikroorqanizmlərin nəqlinin müxtəlif aqreqatların köməyi ilə optimallaşdırılması;
- idarə etmə şəraitində müsbət nəticələri təsdiq edəndən sonra müvafiq mikroorqanizmlərin introduksiyasının hesabına torpaqda mikrob potensialının gücləndirmək lazımdır;
- yönədirilmiş suvarmanın köməyi ilə torpaqda substratların optimal paşlaşdırılmasını idarə etmək mümkündür;
- aerasiyanın çatışmamazlığını torpağın becərilməsini – toxalamaqla, diskləmə ilə, müxtəlif yumşaldıcı maddələr (saman, üzümün şanalarını və tortalarını, göbələk kompostu və s.), daxil etməklə, ya da ki bioreaktorların köməyi ilə bu işin öhdəsindən gəlmək olar. O hallarda ki, çirklənmə torpağın 50-60 sm dərinliyindən artıqda gedirsə, çirklənmiş süxurun çıxardılması və onun xüsusi sahələrdə təmizlənməsi daha zəruridir.

Mikroorqanizmlərin hüceyrələrini dinamik vəziyyətdə saxlamaqla, biodeqradasiyanın sürətini artırmaq mümkündür. Bu da, eyni zamanda bioremediasiyanın bütün müddət ərzində biodeqradasiyası üçün optimal şəraitləri daima rejimdə saxlamağa gətirib çıxarır.

Bioremediasiya prosesi dayanmadan tam başa çatmasına qədər getməsinə əmin olmaq üçün məlum olan yanaşmalardan istifadə etmək lazımdır:

- mövcud olan şəraitdə bioremediasiya üsulu ümumiyyətlə, istifadə oluna bilər və ya oluna bilməz kimi müəyyənləşdirilməlidir;
- əgər oluna bilərsə, onda müəyyənləşdirilməlidir ki, bioremediasıyanın hansı növündən istifadə olunmalıdır və müxtəlif emal kombinasiyalarının hansısı daha səmərəli ola bilər (ya bioremediasiya, ya da ki, onun müxtəlif variantları fiziki-kimyəvi üsullarla birlikdə).

Laboratoriya şəraitindən çöl şəraitinə bioremediasiya texnologiyalarını tətbiq etmək məqsədilə obyekt haqqında daha ətraflı informasiya əldə olunmalıdır. Bunun üçün, laboratoriya, pilot və çöl eksperimentlərinin təkrar olmalarını və müxtəlif tədqiqatçıların arasında koordinasiya əməkdaşlığını təmin etmək lazımdır. Miqyaslı işləri aparmaq üçün məhdudlaşdırıcı səbəblərin və prosesin kritik ölçülərini müəyyənləşdirmək məqsədilə stoxastik və deterministik modellərdən istifadə olunmalıdır. Modelə obyekt haqqında informasiya, o cümlədən, məhdudlaşdırıcı amillər əlavə olunmalıdır. Model, idarə edilən ölçüləri müəyyənləşdirmək və dəqiqləşdirmək məqsədilə həmişə pilot tədqiqatlarının nəticələrinə istinad edilərək təkmilləşdirilməlidir. Miqyaslaşmanın süjetini «yaxşı təqdirdə/pis təqdirdə» terminlərində formalaşdırmaq lazımdır.

Biotəmizləmənin planlaşdırması və yerinə yetirməsinin, mərhələlərində təmizləmənin müddətini (deməli işlərin dəyərini), o cümlədən, texnoloji prosesinin bütün optimal ölçülərini müəyyənləşdirmək məqsədilə, təmizləmə işlərinin bütün mərhələlərini proqnozlaşdırmaq məqsəduyğundur. Belə proqnozlaşdırma üçün riyazi modellərdən geniş istifadə olunur.

Çöl şəraiti üçün monitorinqin aparılması məqsədilə təkmilləşdirilmiş üsullarının yaradılması lazımdır. Bununla əlaqədar:

- obyektə nümunələrin götürülməsi planı elmi və statistik əsaslarla işlənməlidir;
- hakim ölçülər aparılmalı: çirkləndiricilərin təyini, verilmiş substratları, metabolitləri, elektron akseptorları, toksikliyin münasibəti, mikroorqanizmlərin miqdarı (aktivliyi), xüsusilə də çirkləndiriciləri parçalayan mikroorqanizmlərin, parçalanmayan maddələrin miqdarı təyin olunmalıdır;
- ölçülən göstəricilərin dinamikasını müəyyənləşdirmək məqsədilə nümunələrin götürülməsi tələb olunan müntəzəmliklə aparılmalıdır.

Bioremediasiya işlərinin aparılması üçün göstəricilərin düzgün sənədləşdirilmiş bazası olmalıdır. Ekstrapolyasiya hesablamaları və bioremediasiyanın sxemi və modelini işləyərkən göstəricilərin bazasının qurulması üçün aşağıdakı işlər görülməlidir:

- kəmiyyətli çöl eksperimentləri;
- bioremediasiya işləri və gözlənilən nəticələr haqqında xarici ekspertdən rəy alınması;
- layihə haqqında informasiyanı təmin etmək məqsədilə müvafiq ölkədə qəbul edilmiş bazalardan istifadə etmək və bu bazalara tədqiqat işlərinin bütün nəticələrini göndərmək, o cümlədən, gözlənilən nəticələri verməyən hallarda da.

Bioremediasiya sənayesində çalışan hər bir firma bioremediasiyanın əsas problemlərini həll etmək üçün elmi heyət, cihaz avadanlıqları ilə və müvafiq təşkilati strukturlarla təmin olunmalıdır. Firmalar təmizləmə işlərini aparmaq üçün müvafiq avadanlıqlarla (səyyar, asan daşınıla bilən, stasionar) və eyni zamanda, lazım olan qurğularla

(trayler, reaktorlar, bioreaktorlar, püskürdücü, tutumlarla, buldozerlər, ekskavatorlar, qarışdırıcılar, personal üçün daşınan otaqlar və s.) təchiz olunmalıdırlar.

Təmizləmə işlərini yerinə yetirmək üçün sifarişi aldıqda birinci mərhələdə aşağıda göstərilən sxem üzrə çirklənmənin təsviri aparılır:

Birinci mərhələ. Çirklənmiş sahənin təsviri, o cümlədən:

- çirkləndiricilərin qrupları və növləri, onların miqdarı;
- çirklənmənin dərinliyi;
- çirklənmiş sahənin ölçüsü (həcmi);
- torpağın növü;
- mikroorqanizmlər tərəfindən çirkləndirici maddələrin parçalanmasının mümkünliyinə təsir göstərən torpaqda toksik maddələrini, məs., ağır metalların olması;
- yaxın olan su anbarlarını və axınlarını nəzərə almaqla çirklənmiş sahənin xəritəsi tərtib edilir;

İkinci mərhələ. Firmada əldə olan texnologiyaların köməyi ilə mövcud olan çirkləndiricilərin deqradasiyasının mümkünliyünün öyrənilməsi. Bu mərhələ öz yerində üç pillədən ibarətdir. İlk növbədə çirklənmiş süxurdan nümunələri götürərək tədqiqat işləri aparılır.

A – laboratoriya miqyasında tədqiqatlar. İstifadə olunan nümunələrin həcmi – 5-10 kq. Müvəffəqiyyətli nəticələr alındıqda ikinci mərhələ işləri yerinə yetirilir.

B – pilot miqyasında olan tədqiqatlar. İstifadə olunan nümunələrin həcmi – 50-100 kq. Müvəffəqiyyətli nəticələr alındıqda üçüncü mərhələ işləri yerinə yetirilir.

V – miqyaslı çöl tədqiqatları. Müvəffəqiyyətli nəticələr alındıqda aşağıdakı işlər yerinə yetirilir.

Üçüncü mərhələ. Layihənin geniş formada yerinə yetirilməsinin mümkünlüyü və onun sxeminin öyrənilməsi.

Bu mərhələdə ikinci mərhələdə alınmış nəticələrə və təcrübələrə əsaslanaraq, konkret sahəyə uyğun olan nadir çoxmiqyaslı bioremediasiya texnologiyasını tətbiq edirlər.

Çirklənmə dərəcəsi yüksək olduqda (on faizlərlə, adətən 10 %-dan artıq olduqda) adətən, çirklənmiş süxurlar çıxardılaraq və real vəziyyətdən asılı olaraq bu işlər görülür:

- çirklənmiş süxuru fiziki-kimyəvi üsullarla təmizləmək üçün stasionar qurğuya çatdırılır;
- qurğunun özünün çirklənmiş sahəyə çatdırılması, onun quraşdırılması, təmizləmə işlərinin aparılması və görülən işlərin keyfiyyətinə nəzarət.

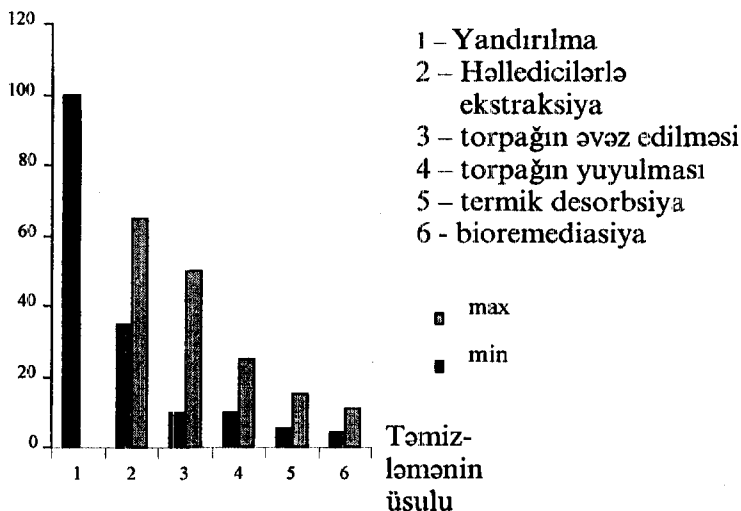
İqlim şəraitləri əlverişli olduqda, torpağa mikroorqanizmlərin dərmanlarının verilməsi və ya da verilməməsi biotexnologiyalarından istifadə olunur (in situ bioyaxşılaşdırılma). Lakin, bu hallarda torpaq müvafiq olaraq becərilməlidir (aerasiyanı yaxşılaşdıran müəyyən dərinliyə qədər) və müəyyən optimal ölçüyə qədər xırdalanmalıdır. Lazım olduqda, torpağa öz tərkibində yem və müxtəlif üst-səthi maddələr olan mikroorqanizmlərin dərmanları verilir.

Bioremediasiyanın dəyəri.

Hal-hazırda bioremediasiya üsulları iqtisadi və ekoloji nöqteyi-nəzərdən ən mənfəətli (Сенькова,2006) hesab olunur (Şəkil 1). Bioremediasiya üsulları torpağın üst qatının – 1m-ə qədər dərinlikdə təmizləməsi üçün səmərəlidir.

Təmizləmənin
məxarici,%

Şərti işarələr



1-ci şəkil. Neftlə çirklənmiş torpaqların müxtəlif üsullarla təmizləməsinin iqtisadi səmərəsi

Bioremediasiya üsullarını seçdikdə alternativ fiziki-kimyəvi və bioremediasiya başqa variantlarının müxtəlif üsullarının qiymətləndirilməsi aparılmalıdır. Hər bir təqdir-də aşağıdakı şərtlərə cavab verən texnologiyalardan istifadə olunmalıdır:

- bioloji agenti olmadan neftlə çirklənmiş torpağın təmizlənməsi mümkün ola bilməz;
- çirklənmiş torpağın təmizlənməsi yeganə ekoloji alternativdir;
- sadəlik və texnolojilik;
- təkrar çirklənmənin qarşısı alınır.

Ayrı-ayrı biotexnoloji proseslərdə maddi və energetik xərclərin strukturu hər bir mərhələdə müxtəlif ola bilər.

Məsələn, çirklənmiş torpaq-süxurlarının iri həcmdə çıxarılması, daşınması və ilkin emalı bir çox texnoloqlar üçün əhəmiyyətliyədirlər. Bütün variantlarda əhəmiyyətli bir prinsipi nəzərə almaq lazımdır: ekosistemin qeyri stabilliyi artıqda onun bərpası və mühafizəsi üçün xərclər də artır.

Torpağın yüksək dərəcədə çirklənməsində mikroorqanizmlərin-destruktorların istifadəsi çox səmərəli və iqtisadi baxımdan faydalıdırlar.

Layihənin son qiymətinə təsir göstərən əhəmiyyətli amillər bunlardır (əhəmiyyətinin azalmasına görə):

- çirkləndiricinin kimyəvi xassəsi;
- çirkləndiricinin ilk qatılığı;
- çirkləndiricinin istənilən son (qalıq) qatılığı;
- çirklənmənin dərinliyi;
- yer sularının yatımın dərinliyi;
- çirklənmiş süxurların çıxarılmasının dəyəri;
- enerjidaşıyıcılarının və enerjinin dəyəri;
- işçi qüvvəsinin dəyəri;
- nəqliyyat dəyəri;
- çıxarılmış çirkləndirici maddələrin utilizasiyasının (ləğv edilməsinin) dəyəri;
- sahənin hazırlanmasının dəyəri;
- işləri aparmaq üçün icazə verən sənədlərin qanuniləşdirilməsinin dəyəri və s.

7-ci cədvəldə remediəsiya və bioremediəsiya texnologiyaların müqayisəli səciyyələndirilir.

Çirklənmiş süxurların bərpası üçün planların hazırlanması zamanı bioremediəsiya üsullarının seçilməsində maneələr ortaya çıxa bilər. Biostimulyəsiya bioyaxşılaşdırma üsullarına nisbətən, daha az elmi həcmliyə, daha sadədir və daha az dəyər tələb olunur, buna görə də, bioremediəsiya üsullarının seçimində əsasən, iqtisadi nöqtəyindən nəzərdən tələblər diqqət mərkəzində olmalıdır. Bir çox hallarda aktiv bakteriyaların torpağa verilməsi az səmərəliyə,

buna görə də, biostimulyasiya metodlarına üstünlük verirlər. Buna baxmayaraq, elə bir şərait yarana bilər ki, torpağa nefti parçalayan mikroorqanizmlərin verilməsi nəinki, özünü doğruldur, hətta bu çox vacibdir.

Cədvəl 7. Remediasiya və bioremediasiya üsullarının müqayisəsi

Göstəricilər	Remediasiya	Bioremediasiya
Təmizləmə üçün texnologiyaların tətbiqi	Birmənalı cavab verən standart analizlər	Yüksək kvalifikasiya tələb olan kompleks ixtisas arası tədqiqatlar
Texnologiyaların istifadəsi üçün standartlaşma	Yüksək; təmizləmənin konveyer üsulu	Aşağı, hər bir layihə fərdidir;
Torpağa təsir	Şərt; yüksək temperaturlar, isti həlledicilər və qazlar;	Yumşaq; substratların, mikroorqanizmlərin, suyun, qida elementlərinin əlavə olunması, torpağın yumşaltması;
Təmizləmənin müddəti	Günlər, həftələr;	Aylar, illər
Texnologiyaların etibarlılığı	Yüksəkdir, obyektin xassələrindən az asılıdır;	Aşağı, obyektin xüsusiyyəti ilə sıx əlaqədardır
Orta layihənin dəyəri	100%	60-90%
Potensial ekoloji təhlükə	Çirkləndiricilərin nata-mam oksidləşməsi nəticəsində təhlükəli maddələrin əmələ gəlməsi	Çirkləndirici maddələrin natamam oksidləşməsi nəticəsində təhlükəli maddələrini əmələ gəlməsi; qenetik yolla modifikasiya olunmuş mikroorqanizmlərin verilməsində mənfi təsirin mümkünlüyü.

Çirkləndirici maddələrin optimal şərait yaratmağına baxmayaraq təbii mikroflora tərəfindən çətin parçalanan zaman (biostimullaşdırma az səmərəli olan), çirkləndirici maddələrin yüksək qatılığı mövcüd olduqda (təbii mikroflora çirkləndirici maddənin yüksək qatılığının öhdəsindən gələ bilmir), sahənin fiziki-kimyəvi xassələri əlverişsiz olduqda, bioremediasiya müddətini daha da azaltmaq məqsədilə və s. bioyaşılşdırma üsullarından istifadə etmək daha da məqsədəuyğundur.

Neft maddələrinin parçalanmağını tezləşdirmək məqsədilə (5 dəfə və ondan artıq) torpağa nefti parçalayan mikroorqanizmlərin təmiz və ya qarışıq kulturalarının bioloji dərman şəkilində verilməsi çox faydalı ola bilər. Kommerciya firmaları tərəfindən istehsal olunan bioloji dərmanlar nefti parçalamağa qadir olan mikroorqanizmlərin canlı hüceyrələrinin biokütləsindən ibarət olurlar. Bioloji dərmanlar onların tərkibində olan mikroorqanizmlərin şlamlarının xüsusi fizioloji-biokimyəvi xassələri ilə, məsələn, müxtəlif qrup karbohidrogenləri parçalamağa qadir olduqları ilə fərqlənilir. Hal-hazırda, dünya bazarları çox müxtəlif bioloji dərmanlar təklif edir: Yuni-Rem, Petro trit, Avalon, Destroyl, Roder, Ekoyl, Fecel-bio, Devoroyl, Ekonadin və s. buna misal bilər.

Tələb olunan səmərəni almaq üçün torpağa mikrob kütləsinin yüksək dozalarını vermək gərəkdir, orta hesabla 1 q torpağa 1 mlrd. hüceyrə götürülür. Ən səmərəli üsul mikrob kütləsini torpağa təkrarən verməkdir, məsələn, qısa bir müddətdə (5-6 həftə ərzində) 6 dəfə bunu etmək olar. Eyni zamanda, nəzərə almaq lazımdır ki, bu halda işlərin dəyəri də artır.

Bioremediasiya məqsədilə genetik üsullarla alınmış mikroorqanizmlərin torpağa verilməsi o vaxt səmərəli ola bilər ki, bioremediasiyayı təmin etmək üçün onların biokimyəvi xarakteristikaları yaxşılaşdırılıb və parçalamağa qadir olan karbohidrogenlərin spektri artıb, ətraf mühitin

mənfi xassələrinə (ağır metallara davamlılığına, duzların yüksək qatılığına və s.) davamlılıqları artıb, onların mühüm həyat funksiyalarını idarə etmək və bununla, onların artımını və aktivliyini idarə etmək mümkündür.

2.4. Bioremediasiya işlərinin aparılmasının mahiyyəti

Bioremediasiya işlərini başlamazdan əvvəl çirklənmiş sahədə xam neft maksimal olaraq yerin səthindən yığmaq lazımdır. Bu işlərin görülməsi ilk növbədə torpağa düşən texnogenin orta modulunun (yəni 1sm^2 -ə düşən neftin miqdarı) aşağı düşməsinə gətirib çıxarır, ikincisi, karbohidrogenlərin torpağın aşağı təbəqələrinə sızmasının qarşısını alır, bu da, öz növbəsində, torpağın bərpası üçün görülən işləri daha da yüngülləşdirir.

Torpağın səthindən xam neft qatını vakuum nasoslar vasitəsilə yığmaq mümkündür. Bu üsulla çirklənmiş torpaqların üst hissəsindən neftin və neft-su emulsiyasının əksər kütləsini yığmaq mümkündür, bundan sonra isə nefti sudan ayırırlar. Dağılmış xam neft torpağın səthindən 2-3 dəfə su ilə yumaqla, ya da tərkibində üst-səthi maddələri olan (müxtəlif surfaktantlar, soapstok və s.) suyun vasitəsilə az təzyiq altında təmizləmək mümkündür. Neftlə çirklənmiş torpaqların «Alkan-LTD» firması tərəfindən (Bakı) istehsal olunan, suda həll olunan və bioloji yolla parçalanan üst-səthi maddələrlə yumaq çox səmərəli ola bilər. Bu halda, yuyulmuş neft, xüsusi hazırlanan borulara, torpağın daxilində yerləşdirilən xəndəklərə yığılaraq oradan nasoslar vasitəsilə çıxarılır.

Neft axıntılarının qarşısını neft maddələrini çoxlu miqdarda hopdura bilən və bununla da, onların ətraf mühitə yayılmasını qoymayan sorbentlərin köməyi ilə etmək səmərəlidir. Sorbentlərin düzgün seçilməsi üçün onların xassələrini, praktiki ehtimalını və utilizasiyanın üsullarını təsəvvür etmək lazımdır. Hal-hazırda, dünyada neftin axıntılarını

ləğv etmək məqsədilə orta hesabla iki yüzdən artıq sorbentlər istehsal olunur və onlardan istifadə olunur. Onlar qeyri-üzvi, təbii üzvi, üzvimineral və eyni zamanda, sintetik sorbentlərə bölünürlər. Sorbentlərin keyfiyyəti əsasən, onların neftə qarşı tutumuna görə, hidrofobluluğun dərəcəsinə (suda islanmamaq), nefti sorbsiya etdikdən sonra üzmə qabiliyyəti ilə, neftin desorbsiya olunması və onu regenerasiya və ya da ki sorbentin utilizasiyası ilə müəyyənləşdirilir.

Qeyri üzvi adsorbentlər

Bunlara gillərin müxtəlif növləri, diatomit süxurlar (əsas yumşaq diatomit-kizelqur), qum, seolitlər, tuflar, pemzalar, müxtəlif növ şlaklar və s.). Gil və diatomitlər sorbentlərin onların az dəyərliliyi və yüksək tonnajlılıq istehsalının mümkünlüyünü nəzərə alaraq əmtəə malların bazasında əsasını təşkil edirlər. Buraya neft və neft maddələri ilə çirklənmiş kiçik sahələri örtmək üçün istifadə olunan qumları da daxil etmək olar. Lakin, ekoloji nöqtəyi-nəzərdən qeyri-üzvi sorbentlər qəbul edilməzdirlər. Ən əvvəl onlar çox aşağı tutuma malikdirlər (neftə görə 70-150 %) və benzin, kerosin, dizel yanacağı kimi yüngül fraksiyaları heç də tutub saxlamırlar. Bu sorbentlərin utilizasiyasının yeganə yolları onların su və ya üst-səthi maddələri ilə yumaqla, həmçinin, yandırmaqla mümkündür.

Sintetik sorbentlər

Bunlardan daha çox neftkimya sənayesi yüksək inkişaf etmiş ölkələrdə istifadə edilir (ABŞ, Yaponiya, Avropada). Adətən, onlar polipropilen liflərdən istehsal olunurlar. Bundan başqa, məsaməli və ya da qranulaşdırılmış poliuretan, formalaşdırılmış polimer aşqarlarla olan polietilen və plastiklərin başqa növlərindən istifadə olunur. «Mannesa-man-İtaliya» mütəxəssisləri tərəfindən bu maddələrin nazik plyonkalarının səmərəliliyini artırmaq üçün narin toz

şəkilində istifadəsi kanserogen xəstəliklərinin mümkünlüyünü nəzərə alaraq yolverilməzdir.

Təbii üzvi və üzvi-mineral sorbentlər

Bunlar sorbentlərin arasında neft çirklənmələrini ləğv etmək üçün ən perspektivli sayıla bilər. Daha çox bitki yonqarları və taxta kəpəyi, modifikasiya olunmuş torf, qurudulmuş dənli maddələr, makulatura və yundan istifadə olunur. Təbii sorbentlərin arasında modifikasiya olunmuş torfla müqayisə olunan yundur. Bir ton yunun kütləsi 8-10 t nefti hopdura bilər ki, yuna xas olan təbii elastiklik neftin əksər yüngül fraksiyalarını sıxaraq çıxartmağa imkan yaradır. Bununla belə, bir neçə sıxmanın nəticəsində yun bitumlaşmış keçəyə dönür və istifadə üçün yararsız hala düşür. Yunun yüksək dəyəri, tələb olunan miqdardan az olması və saxlanılma qaydalarının sərt olmasını (yun gəmiriciləri, həşəratları özünə cəlb edir və biokimyəvi dəyişkənlidir) nəzərə alaraq, onu kütləvi şəkildə neftlə çirklənmiş sahələrdə sorbent kimi istifadəsini perspektivli hesab etmək olmaz.

Sorbentlərin alınması və istifadə olunması haqqında qərarı qəbul etməkdən öncə onların konkret şəraitdə necə sərfəli olduğunu müəyyənləşdirmək lazımdır. Sorbentlərdən incə təmizləmə mərhələlərində və başqa vasitələrin köməyi olmadan hallarda istifadə edirlər. Məsələn:

- əgər axıntı nəticəsində sahədə neft gölməçələri əmələ gəlirsə, onun üzərinə sorbentlər tökmək olar, lakin əvvəlcədən oradakı neft maddələrini adi nasoslar və ya da ki vakkum yığıcısının vasitəsilə yox etmək daha səmərəlidir;
- suyun üzərində 1 mm-dən artıq olan neftin qatını adgezion neft yığıcılarının - müxtəlif konstruksiyalı skimmerlərin vasitəsilə təmizləmək olar;
- flotasiya, hidrodinamik separasiya, çöküntü yolu ilə çirklənmiş suların ilkin təmizləməsini aparmaq mümkündür.

Neftlə hopdurulmuş süxura bir başa sorbentin əlavə edilməsi səmərəli deyil, ona görə ki süxurun özü də bir qədər sorbsiya xassələrinə malikdir, buna görə də o hopdurulmuş maddəni başqa sorbentə xüsusi tədbirlər görülməzsə, asanlıqla «verməz».

Əgər əldə olan vasitələrlə məqsədə nail olunmursa və sorbent əlavə etmək ləbüddürsə, bu halda, əvvəlcədən axıntını ləğv etdikdən sonra sorbentin özünün ləğv edilməsi üçün yolları müəyyənləşdirilməlidir. Sorbentin yüksək dərəcəli elastikli təmiz fraksiyasının təkrarən istifadəsi ilə onun təkrarən işlədilməsi mümkündür. Adətən, iki-üç dəfəlik sıxılmadan sonra sorbentin tutum qabiliyyəti xeyli azalır, bu da ondan irəli gəlir ki, onun məsamələri lillə və ağır fraksiyalarla tutularaq onun strukturalarını deformasiyaya uğradır və yenə də «nə etmək» sualı ortaya çıxır. İşlənmiş sorbentin yandırılması mineral sorbentlərə aid ola bilməz və çox saylı yanlışla sintetik sorbentlərə, ancaq toksik maddələrin əmələ gəlməsinin qarşısını almaq məqsədilə xüsusi hallarda, yüksək temperatur şəraitində bunun ən sadə üsulu sorbentin zibilxanalara daşınmasıdır. Ancaq bunu da qeyd etmək lazımdır ki, hər bir zibilxana ona verildiyi lisenziyanı qiymətləndirsə və orada bu cür maddələrin basdırılması üçün xüsusi yer yoxdursa, o zaman neftli sorbentləri qəbul etməz. Bu əsasən, sintetik sorbentlərə aiddir, onlar bir qayda olaraq bioparçalanmağa qadir deyillər və illərlə polietilen butulkalarla və paketlərlə – bu günün müasir fəlakətləri – yanaşı qalacaqlar. Təbii üzvi xammaldan istehsal olunmuş sorbentlərin utilizasiyası nisbətən yüngüldür – onları yandırmaq da olar, ya da ki, intensiv bioparçalamaqla da etmək mümkündür.

Utilizasiya üçün münasib üsul tapdıqda, sorbentin özünü də seçmək mümkündür. Bu halda, əsas kriteriya «qiymət/neft tutumu» arasında olan qarşılıqlı münasibət nəzərə alınmalıdır. Eyni zamanda sorbentin dəyərinə onun çətdirilməsi, anbara yığılması, istifadə edilməsi, yox edilməsi və utilizasiyası xərcləri nəzərə alınmalıdır.

Neft sorbentlərinin əsas xassələrindən biri əlbəttə ki, onların nefti udmasıdır (neft tutumu). O müxtəlif üsullarla ifadə edilə bilər – hopulmuş neftin kütləsinin sorbentin kütləsinə görə qarşılıqlı münasibəti, müvafiq həcmərin qarşılıqlı münasibətləri və ya qatılıqların qarşılıqlı münasibəti. Tamamı ilə aydındır ki, hər bir məsaməli struktur özündə onun məsamələrinin həcmələrindən artıq mayenin həcmi yerləşdirə bilməz. Əgər sorbentin bir az şişmə qabiliyyətinə və xaric səthin müəyyən qədər mayeni saxlamağa qadir olduğunu nəzərə alsaq, ən yüksək məsaməli sorbentlərin neft tutumu birə yaxındır. Bu o deməkdir ki, əgər sizə 1 kub. metr nefti yox etmək lazımdırsa, bu işi görmək üçün ən azı 1 kub metr hazırlanmış sorbent lazımdır. Lakin həcm xüsusiyyətlərinə görə onları işlətdikdə, sorbentlərin arasında olan həcmə görə müxtəliflik onlarla və yüzlərlə hissələrində təzahür edəcək. Bunu nəzərə alaraq sorbentlərin bütün istehsalçıları həcmli kütlələri qarşılıqlı münasibətlə ifadə etməyi üstün tuturlar. Onda sorbent nə qədər yüngül olsa, bu qarşılıqlıq münasibət artaraq, bir neçə onluğa çata bilər. Çox yüngül sorbent tez yapışır və külək olan kimi uçub gedir, bu da Apşeron yarımadası üçün qəbul edilməzdir. Sorbentlərin udma həcmi statistik (maksimal) və dinamik (real şəraitdə) olur. Birincisi, sorbenti təmiz neft maddəsinə batırmaqla təyin edirlər, ikincisi plyonkanın qalınlığından, suyun olmasından və bir neçə amillərdən asılıdır və buna da adətən az təsadüf olunur. Reklamda adətən, statistik udma həcmi göstərilir. Səthdən neftin nazik plyonkalarını yox etdikdə ön plana başqa göstəricilər gəlir - qiyməti, üzmə qabiliyyəti, istifadə üçün yararlılığı və utilizasiyası.

Tutum həcmi (kütləyə görə) neft məhsulunun qatılığından çox asılıdır, buna görə də o benzində və dizel yanacağında yox, daha tez xam neftə görə ölçülür.

Özünün əsas xassələri olan – neft məhsullarını tez hopdurmaqla və onları uzun müddət tutub saxlamaqla yanaşı – sorbentlərin bəzi növləri bir sıra praktiki məsələləri həll etmək üçün xüsusi bir xassələrə də malik olurlar. Məsələn

lən, biosorbentlərin tərkibində immobilizasiya olunmuş mikrobioloji bakteriyalar vardır ki, onların fəaliyyəti nəticəsində neft məhsullarının adi maddələrlə müqayisəsində parçalanması təbiətdə gedən proseslərə nisbətən daha sürətlə gedir. Bioloji biodərmanların əksərindən istifadə olduğda sistemə əlavə qida elementləri - əsasən azot, fosfor və kaliumun daxil edilməsi tələb olunur. Biopreparatların fəaliyyəti adətən zəifdir, buna görə də çirkləndirici maddələrin tez yox olmasını gözləməyə dəyməz. Buna baxmayaraq bio-parçalama sorbentlərin utilizasiyası üçün praktiki olaraq məsələni həll edərək onların istifadəsini asanlaşdırır. Maqnit xassələri olan sorbentlər çətinliklə gedilə bilən rayonlar üçün çox əlverişlidir, buna görə ki, onlar sudan sabit maqnitli maqnit tələlərlə ya da ki elektrik maqnitləri vasitələri ilə asan ayrılırlar. Üst-səthli sorbentlər çox nazik neft məhsullarının yığılması üçün artıq dərəcədə sərfəlidir. Bəzi sorbentlərdə neft bərkidən reagentlər vardır ki, çirkləndirici maddələrin yığılmasını yüngülləşdirir (bunu da nəzərə almaq lazımdır ki, bir çox neft bərkidən reagentlər artıq dərəcədə toksikdirlər). Xüsusi xassələrə malik olan sorbentlərin fəsilələri sürətlə genişlənir, ancaq bir qanun olaraq, hər bir yeni keyfiyyət əlavə xərclər tələb edərək, məhsulun dəyərini artırır. Sorbentlərdən praktiki istifadə etdikdə bu sorbentlərin hansı halda təmsil olunduqları vacibdir – dispersli (poroşok, qırıntı, qranula) ya da ki qəliblənmiş hallarda (rulon material, həsirlər, salfet, bonlar). Qəliblənmiş sorbentləri səthə endirmək və yığıldırmaq daha asandır, ancaq onların utilizasiyası çətindir – onlar əksər hallarda sintetikdirlər. Və eləcə də əvvəlcədən neftin plyonkasının qalınlığı məlum olmadığı halda sorbsiya edən sorbentin qalınlığını seçmək çətindir. Buna görə də qəliblənmiş sorbentlərin istifadəsinin faydalı əməliyyatının əmsalı yüksək deyildir. Dispersləşmiş sorbentləri səthlərə lazım olan miqdarda endirmək mümkündür, ancaq bunun nəticəsində onların çətinliklə səpələnməyi və yığılması ilə üzləşə bilərik və onların küləklə dağılmasının mümkün olması ilə əvvəlcədən barışmalıyıq.

Hər bir sorbentin istifadəsi üçün müəyyən minimum köməkəddici avadanlıq lazımdır. Rulon sorbentlər üçün bu barabanlardır və sıxladıcı döymələr, dispersləşmiş sorbentlər üçün isə – pnevmatik, mexaniki ya da hidravlik tozlandırıcı, yığmaq üçün müxtəlif formada əl toruları və torlar, yığılmış konqlomeratların saxlanması üçün tutumlardır.

Müxtəlif sorbentlərin saxlanması üçün müxtəlif şərait də tələb olunur – hermetik və çox hündür və ya alçaq qalalar. Sorbentlərin yanğın təhlükəsizliyi də müxtəlif siniflərə aiddir. Əvvəl müxtəlif sorbentlərin iki-üç nümunəlik partiyasını əldə edərək onların üzərində sadə testlər keçirtmək adətən çox sərfəlidir.

Sorbentlərin bazası təzə formalaşır, lakin ən müxtəlif sorbentlərin istehsalı üçün tükənməyən baza var, mütəxəssislərdə isə müxtəlif komplekt, istehsalat üçün çox nadir texnologiyalar mövcuddur. Elə ola bilər ki, narın tük kimi yüngül sorbenti daşımağın əhəmiyyəti də yoxdur. Çox vaxt sorbenti yerli xammaldan istehsal etmək və qarşıya çıxan məsələləri yerli ekoloqların köməyi ilə həll etmək daha sərfəli ola bilər.

Yanmamış əhəngin köməyi ilə stabilizasiya üsulu neftlə çirkənlənmiş torpaqların bərpası üçün texnologiyalar arasında ən perspektiv üsullardan biridir.

Təhlükəli tullantıları emal etmək üçün istifadə edilən əhəngin növlərindən söndürülmüş əhəng ya da ki, CaO və hidratlaşdırılmış əhəng – Ca(OH)_2 . Morqan və s.(1984) neftlə çirkənlənmiş tullantıların emalı üçün əhəngin bir neçə növlərini və onların qarışıqlarını hazırlayıb sınaqdan keçirdiblər. Fransada Such və Roux (1981) CaO və söndürülmüş əhəng ilə neft daşqınlarını emal etmişlər. Kimyəvi reaksiyaların köməyi ilə dispersiya texnologiyası ağır neft tullantılarının, su-neft emulsiyalarının, turş hidronların immobilisaziyası üçün Avropada hazırlayıb sınaqdan keçiriblər (Boelsing, 1988, 1995; Payne et. al., 1992). Bu texnologiyada hidrofoblaşdırılmış CaO -dan üzvi maddələrlə çirkənlənmiş materialların emalı üçün istifadə olunur. Kalsium

oksidi təmiz formada qidrofildir. Hidrofoblaşdırılmış və oleofil əhəngi CaO-nun təbii yağlı turşularla emalı nəticəsində alınır. Bu cürə emal hidratasiya mərhələsini azaldaraq imkan yaradır ki, turşularla emal olunmuş CaO qarışdırılma zamanı nefti yaxşı adsorbsiya etsin. Bu vəziyyətdə adsorbsiya olunmuş neft çətin yuyulur, alınmış qarışıqlar stabilləşərək sərt ekoloji təhlükə yaratmırlar. Əhəngin köməyi ilə neftlə çirklənmiş torpaqların stabilizasiya üsullarını bioremediasiya üsulları ilə uyğunlaşdırmaq olar. Bu halda, qabaqcadan söndürülmüş əhəng ilə qarışdırılmış çirklənmiş torpaq ikinci mərhələdə bioremediasiya üsulları ilə təmizlənir. Üsulların bu forma uyğunlaşdırılması nəticəsində stabilizasiya texnologiyası ekosistem elementlərinin (atmosferin, yerüstü və yeraltı suların) çirklənməsinə yol vermir, bioremediasiya üsulu isə ekosistem üçün təhlükəli olan neft karbohidrogenlərinin parçalamasını təmin edir və bu da ətraf mühitin qorunması nöqtəyi-nəzərdən olduqca səmərəlidir (Гасымлы и др., 2005).

Neftlə çirklənmiş substratları eyni zamanda toz şəklində daş karxanalarında çoxlu miqdarda yığılan şiflə, ya da ki, metallurgiya zavodlarında əmələ gələn şlaklarla qarışdırılaraq sonra ot bitkilərinin əkin sahəsinə aparıb orada istifadə etmək olar. (Ярыбов, Ахмедов, 1999).

Üstünlük təşkil edən neftlə çirklənmiş bitkilərin kəsilməsi (ot, qamış və s.) o vaxt qəbul oluna bilər ki, onlar quşlar və başqa heyvanlar üçün təhlükə yaradırlar. Ancaq, bitkilər geniş inkişaf etmiş köklərə malikdirlərsə, onları kəsmək lazım deyil, ona görə ki, bu bitkilər böyük bərpəedici potensiala malikdirlər. Müxtəlif bitkilər tərəfindən neft maddələrini detoksikasiya etmək qabiliyyəti məlumdur (Урехелидзе, 1976).

Rekultivasiya işlərinin ardıcılığı torpağın mexaniki xassələrindən asılı olaraq neft maddələrinin çevrilməsi xüsusiyyətləri ilə müəyyən olunur. Məsələn, yağıntılardan az olduğu və yüksək buxarlama qabiliyyəti ilə fərqlənən arid iqlim zonasında ehtimal etmək olar ki, torpaqların neftlə çirk-

lənməsinə davamlılığı zəifdir. Bu müvəffəqiyyətsiz hidrotermik rejimin nəticəsi olaraq təbii nəmliyin aşağı olması (KU -0,1-0,2) torpaqların öz-özünü təmizləməsinin aktual sürətinin zəif olmasına əsaslanır. Buna baxmayaraq, bu təbii ucqarlıqda süxurların çirkləndirici maddələrə davamlılığı torpağın mexaniki xassələrindən asılı olaraq müxtəlif olacaqdır. Məsələn, kiçik udma və yüksək hidravlik keçiricilik qabiliyyətlərə malik olan azxumuslu qumlu süxurların (bütün başqa şərtlər bərabər olduqda) neftlə çirklənməsinə qarşı uzunmüddətli davamlılığı boz-qır və şabalıdı torpaqlara nisbətən daha yüksəkdir. Qumlu süxurlarda gilli torpaqlara nisbətən mikrobioloji proseslərin intensivliyi xeyli yüksəkdir, karbohidrogenlərin parçalamağının əmsalı da aşağıdır, bununla əlaqədar olaraq neft maddələrinin parçalanma prosesləri zəifdir, texnogen məhsulların miqrasiyası və torpaqdan yox edilməsi də yüksəkdir. Baxmayaraq ki, landşaftın ayrı elementi kimi götürülmüş qumlu süxurlar xam neftlə çirklənmiş gilli torpaqlara nisbətən, yüksək davamlılıqla xarakterizə olunur, da, neftlə çirklənən zaman bu növ torpaqların təmizləməsi üçün ilk növbədə intensiv texnologiyalardan istifadə etmək lazımdır. Bu da ondan irəli gəlir ki, bu torpaqlara xas olan yüksək hidravlik keçiricilik və zəif udma qabiliyyəti çirkləyicilərin texnogenez məhsullarının aerasiya zonasına və yeraltı sulara qədər yuyulmasının ehtimalını artırır.

2.5.Qalıq neft məhsullarının çıxarılması ilə rekultivasiya

Süxurların rekultivasiyasının mühüm istiqamətlərindən biri də birinci mərhələdə qalıq neft məhsullarının çıxarılması ilə əlaqədardır. Çirklənmə dərəcəsi 5-10%-ə qədər olduqda intensiv biotexnologiyalardan istifadə etməklə çirklənmiş torpaqları qısa bir müddətdə - 1 ilə qədər təmizləmək mümkündür, çirkləmənin dərəcəsi 10%-dən artıq olduqda təmizləmə prosesi 1-1,5 il müddətinə uzana bilər. Ekoloji nöqteyi-nəzərdən torpaqdakı qalıq nefti mikrobla-

rın vasitəsilə parçalamaq faydasızdır (ekoloji nöqteyi-nəzərdən atmosferdə karbon qazının miqdarı artaraq «par-nik səmərəliliyinin» inkişafı səbəblərindən biri). Torpağın çirklənmə dərəcəsi 10-20% olduqda, 1 hektar çirklənmiş sahədən orta hesabla 1-2 min ton neft ayırmaq olar ki, o da iqtisadi nöqteyi-nəzərdən səmərəli olardı. Qalıq nefti çirklənmiş sahədən birinci mərhələdə ayırmaq, torpaqların rekultivasiyası üçün lazım olan xərcləri müəyyən qədər ödəmək olar.

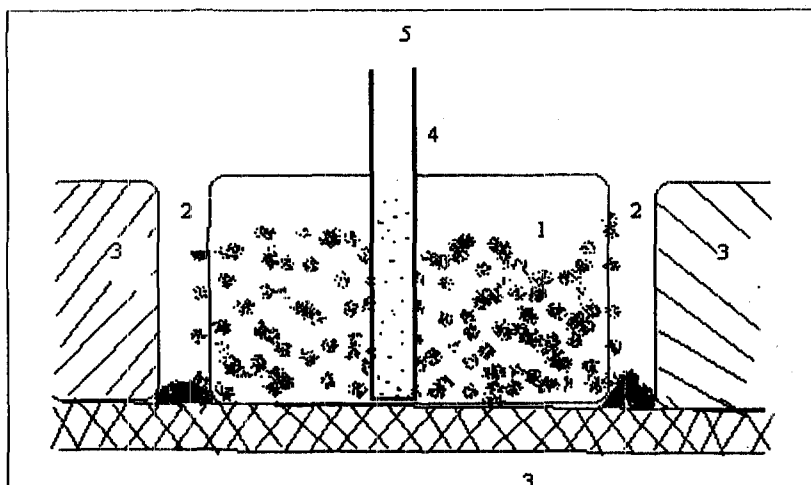
Neftlə çirklənmiş torpaqlardan qalıq nefti ayırmaq məqsədilə termik, kimyəvi və fiziki-kimyəvi üsullar geniş yayılmışdır. Məsələn, neftlə çirklənmiş süxurların təmizlənməsi hidrosiklonlarda aparılır. Hidrosiklonlarda emal üçün neftlə çirklənmiş süxur əvvəlcədən yerindən çıxarılmalı və emal edildiyi yerə gətirilməlidir. Bu üsulla çirklənmiş süxurlardan qalıq neft yüksək səmərə ilə ayrılır – təmizləmənin dərəcəsi 95-96%-ə çatır. Ən səmərəli üsul isə fiziki-kimyəvi üsulların bioremediasiya üsulları ilə uyğunlaşdırılmasıdır, bu halda torpağın təmizləmə dərəcəsi artır və torpaqları fon torpaqlarda karbohidrogenlərin miqdarının səviyyəsinə qədər təmizləmək mümkündür.

Çirklənmənin dərəcəsiindən asılı olaraq birinci və ikinci mərhələlərdə rekultivasiya üsullarının istifadəsi mümkündür. İntensiv biotexnologiyalardan istifadə etməklə (mineral gübrələri və üst-səthi maddələri verməklə, suvarmaqla, kətanlamaqla və s.) bir mərhələli rekultivasiya işləri dərin çirklənməmiş və zəif çirklənmiş (çirklənmə dərəcəsi orta hesabla 6-8%) torpaqlarda, iki mərhələli rekultivasiya işlərini isə çirklənmə dərəcəsi 8-10%-dən artıq olduqda aparmaq daha səmərəlidir. Bu halda birinci mərhələdə torpaqdan çirkləndirici maddələrin 95-96%-i ayrılır, ikinci mərhələdə torpaq 2-3 ay müddətində intensiv biotexnologiyalı üsullarından istifadə etməklə qalıq neftdən təmizlənərək fon torpağın səviyyəsinə çatdırılır. Qalıq neftin ayrılmasını aşağıdakı şəkildə göstərilən kimi də yerinə yetirmək mümkündür (Şəkil 2). Torpağa perforasiya olunmuş boru-

lar vasitəsilə ardıcılıqla yüksək yuyucu qabiliyyətinə malik olan üst-səthi maddələri yeridilir. Üst-səthi maddələri kimi bioloji üst-səthi maddələrdən istifadə etmək mümkündür, məsələn, 45°C-yə kimi qızdırılmış sərbəst yağlı turşuların qələvi duzlardan ibarət olan soapstokun məhlulundan (pH 12,0), ya da ki sintetik surfaktlardan istifadə etməklə. Ekoloji nöqteyi-nəzərdən bioloji parçalanan üst-səthi maddələr istifadə daha məqsədə uyğundur. Üst-səthi məhlulları torpaq boyunca irəliləyərək nefti torpaq hissəciklərindən yuyurlar və onları torpağın üst səthi çıxardırlar. Özündə neft maddələrini hopduran üst-səthlərin məhlulları relyefin təbii meylə çəkilməmiş kanalları boyunca axıdılaraq tutumlara süzülürlər və oradan emal üçün göndərilirlər.

Üst-səthi maddələri ilə qalığ neft maddələri yuyulduqdan sonra təmizləmənin ikinci mərhələsi başlanır. Bunun üçün perforasiya olunmuş borulardan süxurlara bioloji maddələr – azot, fosfor və kaliumun suda məhlulları, mikroorqanizmlər, məsələn xüsusi istehsal olunmuş bioloji dərmanlar, nefti mənimsəyən mikroorqanizmlər və s. yeridilir. Bununla yanaşı, başqa bioloji aktiv maddələr də yeridilə bilirlər, məsələn, süd zərdabı, maye göbələklərinin istehsalında əmələ gələn tullantı sular, pivə və çaxır çöküntüləri və s. Süd zərdabının yeridilməsi çox məqsədəuyğun olardı, ona görə ki, o bioloji xassələrlə yanaşı, eyni zamanda yüksək neftiyuma qabiliyyətinə də malikdir (Исмаилов, Рзаева, 1998). Torpaq səthində dərin qatlardan yuyulan qalığ neft maddələri daima yığılaçaqlar, aerasiya zonasında isə karbohidrogenləri və onların törəmələrini parçalayan mikroorqanizmlərin aktiv fəaliyyət göstərən kompleksindən ibarət olan fermentasiya qatı formalaşacaqdır. Bu qat torpağın mütəmadi yumşalma, şumlama, suvarma işləri aparmaqla və biogen elementlərini daxil etməklə formalaşır. Beləliklə, yuyucu mayenin tərkibində olanları çıxmaqla olan karbohidrogenlərin axını təbii aerasiya zonasında formalaşmış fermentasiya (qıcırma) qatında daima parçalamağa məruz qalacaq.

İlin fəslindən asılı olmayaraq təmizləmə prosesinin daimi olmasını və idarə olunmasını təmin etmək məqsədi ilə, lazım olduqda perforasiya olunmuş borularla süxurlara temperaturu 45°C -dən artıq olmamaq şərtlə qızdırılmış havanı vermək gərəkdir. Bununla da soyuq hava şəraitində fermentasiya qatının fəaliyyət göstərməsi üçün optimal temperatur şəraitini yaratmaq mümkündür.



Şək.2. Neftlə çirklənmiş süxurlara təsiredici agentlərin perforasiya borularının vasitəsilə yeridilməsi (üst-səthi maddələrinin məhlulları, bioloji-aktiv maddələr, aktiv lil, hava və s.). 1- neftlə çirklənmiş süxur; 2- yuyulan neft məhsullarının axınları üçün uzun xəndək; 3- təmiz süxur; 4- perforasiya olunmuş boru; 5- təsiredici maddələrin yeridilməsi.

Torpaqda karbohidrogenlərin ekoloji nöqteyi-nəzərdən qəbul edilmiş dərəcəsinə çatdıqda təmizləmə prosesi başa çatmış hesab edilə bilər.

In situ bioremediasiya texnologiyası bütün mərhələlərdə bioloji nöqteyi-nəzərdən təmizdir və neftlə çirklənmiş

süxurlar üçün böyük sahə olduqda və neftin dərin qatlarına qədər çatdıqda yüksək səmərəli ola bilər.

Çıxardılmış qalıq neft maddələrindən müxtəlif istiqamətlərdə istifadə oluna bilərlər, məsələn, büzüşdürücü, hidroizolasiya kütlələri, asfaltın alınması və s.

Adətən, neft borularını süxurun 1-2 m dərinliyində yerləşdirirlər. Qəzalı daşqınlar olduqda, süxurun qranulometrik tərkibindən asılı olaraq, torpaq müvafiq olan dərinliyə qədər çirkənlənə bilər və eyni zamanda yayılaraq, geniş sahələri çirkənləndirə bilər. Məsələn, 1999-cu ildə Sumqayıt şəhərinin yaxınlığında Bakı-Novorossiysk neft borusunun deşilməsinin nəticəsində sahənin 2 hektardan artıq süxuru 2 m dərinliyinə qədər xam neftlə çirkənlənmişdir. Bu hallarda qanov («qatışıq səngər») üsulundan istifadə etmək səmərəlidir (Şəkil 3). Bütün çirkənlənmiş sahədə çirkənlənmə dərinliyinə qədər təknəli ekskavatorun köməyi ilə qanovların şəbəkələri qazılır. Şəbəkənin sıxlığı çirkənlənmənin dərəcəsinə asılıdır. 20-30 gün ərzində təzə tökülmüş xam neft torpaqdan konsentrasiyasının qradiyentinə əks olaraq süzülür və bu səngərlərə yığılır. Səngərlərdən xam neft mexaniki üsullarla (nasoslar vasitəsilə) yığılır və sahədən yox edilir. Çirkənlənmiş süxurdan əsas xam neft «sıxışdırılıqdan» sonra remediasiyanın ikinci mərhələsi başlanır. Bioremediasiya işləri birbaşa çirkənlənmiş sahədə, ya da ki xüsusi formalaşdırılmış fermentasiya meydanında aparılır. İkinci üsul vasitəsilə, təmizlənmiş süxur yenə də öz yerinə qaytarılır. Sonra isə təmizləmənin fitomeliorativ mərhələsini yerinə yetirirlər.



Şəkil 3. Qanovların şəbəkələrinin (səngərlərin) sxemi

2.6. Fermentasiya sahəsi (fermentation fields)

Bioremediasiya üsullarının biostimullaşdırma zamanı (in situ və in vitro) istifadəsində bir vacib nöqsan vardır, bu da abiotik amillərin idarə edilməsinin mümkünslüyüdür. Məsələn, torpaq biosenoqları təbii şəraitdə müntəzəm olaraq əvəzlənən «qurudulma-nəmlənmə» (arid zonalarında), ya da ki «dondurulma-donu açılma» (qışın mövsümündə dağətəyi və dağ yerlərində) proseslərinə məruz qalırlar. Bu proseslər nəticəsində torpağın fiziki və bioloji xassələrinin dəyişməsi baş verir. Əsas iqlim amillərinin – temperaturun və rütubətliyin-dəyişməsindən asılı olaraq «Qurudulma-nəmlənmə» və «dondurulma-donu açılma» müddətləri torpaq ekosistemlərində, o cümlədən, aborigen və introduksiya olunmuş mikrobların qruplarında stresli şərait yarada bilərlər. Beləliklə, idarə olunmayan təbii amillərin olduğu şəraitdə neft karbohidrogenlərinin parçalanmasını intensivləşdirmək məqsədilə torpağa biogen elementlərini, karbohidrogenləri parçalamaya qadir olan mikroorqanizmləri verməklə, aqrotexniki tədbirləri aparmaqla, gözlənilən səmərə həm vaxt, həm də keyfiyyət baxımından alınmayacaq.

Hər bir vəziyyətdə sistemin funksiyasında təbii ya da ki, süni yolla bioremediasiya tədbirlərini gördükdə, sistemi tarazlılıq vəziyyətində saxlamaq gərəkdir. Bioremediasiya üsullarından istifadə etdikdə, çətin idarə edilən təbii amillərin neft karbohidrogenlərin parçalanmasının sürətinə mənfi təsirini azaltmaq məqsədilə ən səmərəli yol «fermentasiya tarlalarının» yaradılmasıdır.

Bioremediasiya prosesinin əsas tərkib hissələri bunlardır: bioloji agent- mikroorqanizm (avtoxtonnu ya da ki kənardan əlavə olunmuş), mikrob hüceyrələrinin yapışdırıcı (adgeziya) substratı kimi süxur, substrat – neftlə çirklənmiş torpaq, məqsədli məhsul- minerallaşdırılma proseslərində əmələ gələn məhsullar – karbon qazı və su, cihazlar və prosesləri idarə edən cəmi üsullar.

Üsulun əsas mahiyyəti ondan ibarətdir ki, bioremediasiya prosesini təbii şəraitdə, yalnız prosesi məhdudlaşdırıcı əsas amillərin idarə edilməsiylə aparılır:

- nəmlik;
- temperatur;
- pH;
- biogen elementlər;
- aerasiya.

Mikrofloranın inkişafı üçün optimal şərait yaratdıqda, biokimyəvi reaksiyaların yüksək sürətlə getməsinə təmin etmək mümkündür, bu da bioremediasiya prosesinin sürəkliliyini, avadanlıqdan istifadə olmasının səmərəliliyini və torpaqların qalıq neft maddələrindən təmizləməsinin səmərəli olmasını müəyyən edir. Təmayüllü elmə əsaslanmış bioremediasiya prosesinin aparılması üçün hər bir konkret halda onun texnologiyasının göstəricilərini daima nəzarətdə saxlamaq lazımdır.

Bioremediasiya prosesinin səmərəliliyinin həyata keçirilməsi, bu prosesin keçirilməsinə ən çox təsir göstərən həm

bioloji sistemin özənədən, eləcə də ətraf mühitə olan əlaqələrindən asılıdır.

Bioloji sistemin göstəricilərinə xüsusilə, fiziki-kimyəvi (nəmlik, mühitin daxili temperaturu), kimyəvi (biogen elementlərinin miqdarı, C:N arasında münasibət, pH, oksigenlə təmin olması və s.) proseslər daxildir. Ətraf mühitin göstəricilərinə temperatur, iqlim-coğrafi şərait (buxarlanma qabiliyyəti, yağıntılar və s.), aerasiyanın sürəti, prosesin müddəti daxildir, bunlar da öz növbəsində, qəbul edilmiş bioremediasiya texnologiyasından asılıdır.

Əsas bioloji sistemin göstəriciləridir. Bu göstəricilərin cəmi həm prosesin özünü, həm də təmizləmənin keyfiyyətini səciyyələndirirlər.

Fermentasiya prosesinin optimal göstəricilərinin əsas kəmiyyətləri cədvəl 8-də əks olunub.

Cədvəl 8. Fermentasiya prosesində optimal göstəricilərin əsas ölçüləri

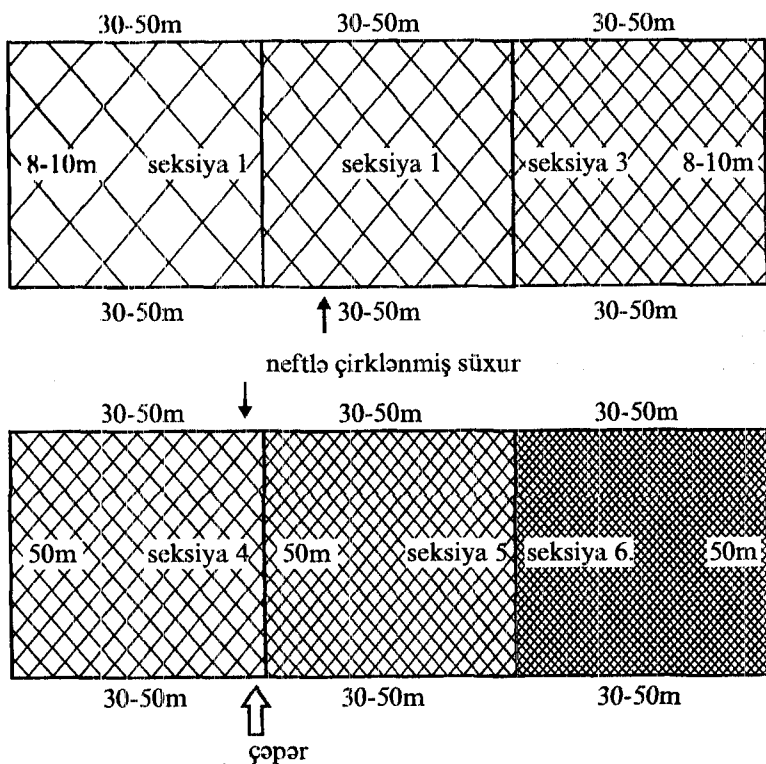
Göstəricilər	Mənası
Nəmlik	Torpağın tam çöl rütubət tutumun 40-50%-i
Aerasiya	1 kq parçalanmış karbohidrogen üçün gün ərzində 0,6- 1,8m ³ hava; mühitdə oksigenin miqdarını 10-18% arasında saxlamaq.
Aşqarların verilməsi	Təbii aerasiya şəraitində yüksək gillli torpaqlar üçün çox səmərəlidir.
Temperatur	28-32°C
pH	6,8-7,4
Qarışdırmaq, kotanlamaq	İcbari aerasiya zamanı qarışdırmaq; təbii aerasiya zamanı vaxtaşırı çevrilməklə, kotanlamaqla.
Hüceyrələrin adgeziya etmək üçün hissəciklərin ölçüsü	4-6 mm
Mikroorqanizmlərə (biodərmanların) verilməsi	Mikroorqanizmlərin verilmə və verilməmə sistemləri
Biogen elementlərin verilməsi	N:P:K kompleksin verilməsi
C:N-nin qarşılıqlı münasibəti	25-30:1

Məqsəd ondan ibarətdir ki, bu kəmiyyətlər toplusunu bioremediasiya üçün münasib qiymətli, yalnız etibarlı sistem kimi praktiki olaraq reallaşdırmaqdır. Ən vacibi odur ki, təmizləmə prosesi mümkün qədər fermentasiya tarlasının ən kiçik həcmində aparılsın.

Bioremediasiya bərk, nəm, yüksək məsaməli mühitdə aparılır, onun da rütubəti 40-50% olmalıdır. Mühit yüksək məsaməli olduqda, onun ayrı-ayrı hissəcikləri hava ilə yaxşı əlaqəli olurlar. Bu halda neft karbohidrogenlərini parçalayan mikroorqanizmlərin inkişafı əsasən, bərk hissəciklərin üst səthində, hava və su ilə dolduruşmuş neftlə çirklənmiş süxurun məsamələrində baş verir.

Fermentasiya olunan neftlə çirklənmiş süxurun qalınlığı atırdıqda mikroorqanizmlərin oksigen ilə təmin edilməsi çətinləşir. Buna görə də, hər bir konkret halda süxurun qatının qalınlığı elə seçilir ki, havanın diffuziyası onun daxilinə yüngül keçsin: adətən, 20-30 sm təbii aerasiya, 30-40 sm üstəki fermentasiya olunan qatın toxalaması zamanı və 50-80 sm fermentasiya qatından havanın nasosla verilməsi zamanı baş verir.

Fermentasiya tarlasının ən sadə forması açıq havada düzəldilmiş meydançadır. Fermentasiya tarlasının ölçüsü çirklənmiş süxurun həcmilə müəyyənləşdirilir. Fermentasiya tarlası özü bir neçə seksiyalara bölünə bilər, seksiyaların sahəsi 50-100 m² və digər ölçüdə ola bilər. Beləliklə, fermentasiya tarlası 1,2.....n müxtəlif seksiyalardan ibarət ola bilər. Hər bir seksiyada bioremediasiya prosesi həm zaman, həm də çirkləndirici maddələrin müxtəlifliyi və onların ilkin miqdarından asılı olaraq fərqlənə bilər (şəkil 4).



Şəkil 4. Fermentasiya tarlalarının yerləşdirilməsinin sxemi

Fermentasiya tarlasını formalaşdırmaq məqsədilə yer elə seçilməlidir ki, prosesin özünün ətraf mühitə təsirini maksimal olaraq azaltmaq mümkün olsun – atmosfer havasına, yerüstü və yeraltı sulara, lotal yayılmanın hesabına çirklənmiş yeni sahələrin yaranması ehtimalı və s. Əsas etibarilə bioremediasiya prosesləri ekoloji nöqteyi-nəzərdən təmizdirlər – onların istifadəsi nəticəsində havaya yalnız karbohidrogenlərin mineralaşmasının son məhsulu olan karbon qazı yayılır. Ətraf mühit üçün təhlükəli olan neft maddələrinin parçalanması nəticəsində əmələ gələn aralıq məhsulları müəyyən mərhələlərdə torpağın maye fazasında yığıla bilərlər. Buna görə, prosesi elə aparmaq lazımdır ki,

tərkibində parçalamanın aralıq maddələri olan maye fermentasiya tarlasının kənarına çıxsın. Lazım olduqda, ən səmərəli maye mühitini təkrarən fermentasiya tarlasına qaytarmaqdır (resirkulyasiya). Çirkləndirici maddələrin lotal yolunu ilə süxurun boyunca yayılmasının qarşısını almaq məqsədilə, fermentasiya tarlasının perimetrlə ya dərin olmayan səngərlər qazılır, ya da ki yerin 40-50 sm dərinliyinə beton plitələr yerləşdirilir.

Fermentasiya tarlasını seçəndə yeraltı suların çirklənməsinin qarşısını almaq məqsədilə, onların səviyyəsi nəzərə alınmalıdır – onun səviyyəsi aşağı olduqda, onların təkrarən, neft maddələri və bioremediasiya zamanı parçalanmasından əmələ gələn məhsullar ilə çirklənməsinin mümkünlüyü azalır.

Artıq suyun və neft karbohidrogenlərinin parçalanması zamanı yaranan aralıq məhsulların ayırması üçün hazırlanmış səthin üstü havanın diffuziya edilməsi üçün məsamə yaradan, suyu özündə yaxşı saxlamağa qadir olan mikroorqanizmlərin adsorbsiya olunması üçün adsorbent olan aşqarların biri ilə - 10-20 sm kvarts qumla, kərpic çınqılla, keramika, keramzitlə, xırdalanmış rakuşka ilə, metal qırıntılar ilə, kapronla, poliuretanla və ya da başqa əldə edilən aşqarlarla örtülür. Qeyri-üzvi adsorbentlərin üstünlüyü onların az dəyərliyi, diffuziya olunması üçün çətinliklərin və mikroorqanizmlərə toksik təsirin olmaması, mikroorqanizmlərin təsirinə davamlılığı, yüksək sıxlığı, təzyiqlərin təsiri altında həcmə stabilliyinin olmasıdır.

İrimesəmali aşqarlar ən səmərəlidir, məsələn, məsaməli şüşə, keramika; iri məsaməli aşqarlara adsorbsiya səthi $0,01 \text{ m}^2/\text{q}$ -dan artıq olan materiallar daxildir. Məsələn, paralanmış keramzit kvarts şüşələrə nisbətən, daha çox kələkötür səthə, aşağı sıxlığa və yüksək məsaməliliyə malikdirlər. Paralanmış keramzit qumunun məsaməsi 66-dan 75%-ə qədər, kvarts qumunun məsaməliliyi isə 42-dən 45%-ə qədər dəyişir. Bir də keramzit qumları yüksək davamlılığa və kimyəvi dözümlülüyə malikdirlər. 2,0-5,0 mm fraksiyalı ən

azı 500 markalı keramzitdən istifadə etmək məsləhət görülür.

Bu məqsədlə, təbii seolitlərdən də istifadə oluna bilər, məsələn, xüsusi bioloji aktivliyə malik olan, termik və turşuya davamlılığı ilə fərqlənən, geniş yayılan klinoptiloliti misal çəkmək olar. Seolitə uyğun olaraq, klinoptilolit də geniş adsorbsiya, katalitik, ionludəyişməyə, molekulyar-ələkli və başqa xassələrə malikdir, bu da onları biotexnologiya proseslər üçün universal bir sorbentlər kimi səciyyələndirir. Cənubi Qafqazda klinoptilolitə mühüm mədən yataqları vardır. Azərbaycanda Ay-Dağ mədəninə klinoptilolitə ehtiyatları 200 mln. tonla qiymətləndirilir, Gürcüstanda isə (Dzeqvi mədəni) –23 mln. tondur.

Bu cür hazırlanmış qat, üzəri neftlə çirklənmiş torpaq-süxurlar ilə örtülərək bərabər paylanır.

İqtisadi nöqteyi-nəzərdən ən sadə fermentasiya tarla-larında heç bir aşqarlardan istifadə etmədən biotexnologiya tədbirlərindən istifadə etmək mümkündür. Bu hallarda neft-lə çirklənmiş süxurlar bir başa sahənin üzərinə əlavə olun-maqla bərabər paylanır.

Bioremediasiya prosesinin yüksək məhsuldarlığını əldə etmək məqsədilə təmizlənən torpaqda karbohidrogenlərin orta miqdarının göstəricisi çox əhəmiyyətlidir. Təmizlənən torpaqda karbohidrogenlərin miqdarı 7-10 %-ə qədər olma-sı daha optimaldır. Bununla əlaqədar olaraq təmizlənməyə məhkum olunmuş çirklənmiş torpaqda karbohidrogenlərin və neft məhsullarının ilkin miqdarı təyin olunur. Əgər kar-bohidrogenlərin miqdarı 7-10%-dən artıqdırsa, bu halda mikroorqanizmlərin fəaliyyətini optimal həddə çatdırmaq məqsədilə çirklənmiş torpağın təmiz torpaqla qarışdırılaraq fermentasiya tarlasında bərabər şəkildə qat-qat yerləşdirir-lər. Torpaqda neft karbohidrogenlərinin miqdarını azal-tmaq məqsədilə bundan əvvəl təmizlənmiş torpaqların bir qisminə (adətən 10-15%) istifadə oluna bilər. Bu məqsəd-lə müxtəlif tikintilərin zirzəmiləri tikilən zaman orada çıxan süxurlardan da istifadə edilə bilər.

Fermentasiya tarlalarında bioloji agent- mikroorqanizmlərin hüceyrələri biotexnoloji proseslərin aktiv mənbəyi kimi qəbul olunur.

Biotexnoloji agentin seçimi zamanı hər bir şəraitdə texnoloji prinsipi gözləmək lazımdır. Fermentasiya tarlalarında təmizlənən torpağa mikroorqanizmlərin-destruktorların əlavə edilməsi, təmizləmə prosesinin birinci mərhələlərində çox zəruri ola bilər. Mikroorqanizmləri ayıraraq onların xassələri öyrənilə və təmizlənən torpaqda bioremediasiya prosesini sürətləndirmək məqsədilə əlavə etmək üçün ayrılaraq mikroorqanizmlərin biokütləsi alınır. Lakin bu cür işlər bir çox hallarda yüksək kapital qoyuluşu, çox vaxt və yüksək bilikli mütəxəssislərin olmasını tələb edir. Eyni zamanda, mikroorqanizmlərin-destruktorların mənbəsi kimi ən səmərəli və əlverişli yollarından biri bu mikroorqanizmlərlə aprior zəngin olan çirklənmiş torpağın özündən istifadə olunmasıdır. Fermentasiya qatının formalaşdırılması və orada fiziki-kimyəvi şəraiti optimallaşdırarkən (biogen elementlərin əlavə edilməsi, aerasiya və s.) bu mikroorqanizmlərin sayı xeyli artacaq. Bioremediasiya prosesinin başa çatdırılmasından sonra bu torpaqlardan mikroorqanizmlərin-destruktorların mənbəyi kimi istifadə olunması mümkündür. Onlar çirklənmiş torpaqların yeni partiyası ilə qarışdırılaraq (nisbəti 1:9) fermentasiya tarlasına yerləşdirilir. Beləliklə, bu cür bir neçə ardıcıl əməliyyatların nəticəsində fermentasiya layında mikroorqanizmlərin-destruktorların yüksək miqdarına çatdırmaq və onların aktivliyini saxlamaq mümkündür.

Mikroorqanizmlərin-destruktorların mənbəyi kimi neftəməli komplekslərində çirkəb suların təmizləmə qurğularında əmələ gələn artıq aktiv lilləri, bu müəssisələrin olmaması zamanı işə məişət və istehsalat suların aerator stansiyalarında biokimyəvi təmizlənməsinin nəticəsində əmələ gələn artıq qalan aktiv lillərdən istifadə etmək olar.

Fermentasiya layında mikroorqanizmlərin-destruktorların miqdarının yüksək səviyyədə saxlanması böyük əhə

miyyət kəsb edir. Biotexnoloji təmizləmənin ən yüksək göstəricilərini təmizlənən torpaqda mikroorqanizmlərin-destruktorların yüksək miqdarına— 10^7 - 10^9 hüc./qr torpağa çatdıqda nail olmaq mümkündür. Torpağın hissəcikləri ilə əlaqədar olan biokütlənin real miqdarı mikroorqanizmlərin xüsusiyyətlərindən və mühitdəki şəraitdən sıx asılıdır. Fermentasiya tarlasında biokütlənin miqdarı fiziki, həm də bioloji amillərlə müəyyən olunur. Müəyyən şəraitdə diffuziyanın məhdudiyyəti mikroorqanizmlərin inkişafına və onların aktivliyinə mənfi təsir göstərə bilər. Məhdudlaşdırıcı maddələrin, məsələn, azot və fosforun qatılığını təmziləməklə, biokütlənin miqdarını idarə etmək mümkündür. Fermentasiya layında biokütlənin miqdarına nəzarət etmək məqsədilə müntəzəm olaraq orta nümunələr götürülür və laboratoriya şəraitində müəyyən olunmuş qaydada tədqiqat işləri aparılır.

Təbii, həm də istehsalat şəraitində neft məhsullarının çirklənmiş torpaqda degradasiya olunmasının sürətinin əsas məhdudlaşdırıcı amilləri biogen elementlər— azot, fosfor və s. C:N arasında qarşılıqlı münasibətdir. Neft karbohidrogenlərinin parçalanmasının səmərəliliyi prosesin elə şəraitindən asılıdır ki, substratın kimyəvi tərkibi bu prosesdə iştirak edən mikroorqanizmlərin hüceyrədəki elementar tərkibi ilə eyni olsun. Mikrob hüceyrələrində azotun və karbonun qarışıq münasibəti 20:30 l-dir. Neftlə çirklənmiş torpağın üzvi kütləsində azotun və karbonun qarşılıqlı münasibəti bu cür olduqda, fermentasiya tarlalarında karbohidrogenlərin destruksiya prosesinin yüksək səmərəli olmasını gözləmək olar. Parçalanan üzvi maddənin tərkibində olan azotun və karbonun mənimsənilməsi qeyri-bərabərdir: azotun bir hissəsinə karbonun 20-30 hissəsi sərf edilir. Mikrob hüceyrəsinin azotu və karbonu belə fərqli mənimsəməsi ondan irəli gəlir ki, karbon onlara həm plastik, həm də energetik məqsədlər üçün lazımdır, azot isə maddənin konstruktiv mübadiləsində sərf olunur. Adətən, neftlə çirklənmiş torpaqlarda C:N arasındakı olan qarşılıqlı münasibət çirklənmənin də-

rəcəsiyindən asılı olaraq optimal göstəricilərdən qat-qat yüksəkdir. Çirklənmiş torpaqlarda azotun miqdarı az olduqda (C:N arasında qarşılıqlı münasibət 40-50:1 və daha da artıq) mikroorqanizmlərin inkişafı məhdudlaşdırılır və bununla da karbohidrogenlərin parçalanmasının sürəti azalır.

Bakteriyaların hüceyrələrində azotun miqdarı quru biokütləylə hesablanaraq 12 %-ə qədərdir. Mikroorqanizmlər azotun həm üzvi, həm də qeyri-üzvi mənbələrindən istifadə edə bilirlər. Suda həll olunan azot duzlarına əlavə tələbat suyun həcmində 0,3-0,4%-ni təşkil edə bilər. Mikroorqanizmlərin əksəriyyəti ammiak duzlarını – ammonium sulfatı, ammoniumun fosfatını, ammiakın suda məhlulunu, moçevinanı daha yaxşı mənimsəyirlər. Azot turşusunun duzları heç də həmişə yaxşı mənimsənilməirlər, bundan başqa, bu duzlar fermentasiya layından tez yuyulmağa məruz qalırlar.

Mühitdə fosforun miqdarı da böyük əhəmiyyət kəsb edir, mühitdə azotun və fosforun qarşılıqlı münasibəti 75-150:1 olmalıdır.

Mikroorqanizmlər daha 10 mineral elementlərə ehtiyacları var, lakin bu çox az miqdar (10^{-3} - 10^{-4} M) təşkil edir.

Neftlə çirklənmiş torpaqlarda C:N:P arasındakı qarşılıqlı münasibət torpaq mikroorqanizmlərinin fəaliyyəti üçün çox da optimal olmadığından fermentasiya layına gübrə şəklində mineral duzların – azot, fosfor və lazım gəldikdə, kaliumun da verilməsi lazımdır. Mineral gübrələrin olmadığı təqdirdə, bu məqsədlə C:N arasında qarşılıqlı münasibəti az olan substratlardan istifadə etmək mümkündür, məsələn xam aktiv lil, quş və iri heyvanın peyini və s. C:N arasında qarşılıqlı münasibətlərin göstəriciləri üçün 0,8 sidiq, 8 nəcis və xam aktiv lili, 10-14 quş və mal-qaranın peyindən istifadə olunur. Bundan əlavə, məsələn, qıcqırdılmış xam aktiv lil azotun, fosforun və kaliumun mənbəyidir. Qıcqırdılmış aktiv lili tərkibində azotun miqdarı 5,1, fosforun 1,6 və kaliumun miqdarı 0,4 % təşkil edir (quru qalıqdan). Fermentasiya tarlalarında istifadə olunan mikroor-

qanizmlər aerob tənəffüs prosesində neft karbohidrogenlərini karbon qazına və suya qədər oksidləşdirilməsi üçün öz inkişafından molekulyar oksigenə ehtiyacı vardır. Bundan əlavə, oksigen hüceyrələrinin konstruktiv mübadilə prosesləri üçün də lazımdır. Mikroorqanizmlər oksigendən yalnız suda həll olunan halda istifadə edə bilirlər. Aerob karbohidrogenlərini parçalayan mikroorqanizmlərin molekulyar oksigenə ehtiyacı substratın strukturundan, mikroorqanizmlərin fizioloji xassələrindən və inkişafının sürətindən asılıdır. 1 q nefti parçalamaq üçün mikroorqanizmlərin 3,5-4,0 q oksigenə ehtiyacı var. Buna görə də fermentasiya tarlalarında görülən işlərin ən əsası bundan ibarətdir ki, karbohidrogenlərin deqradasiyasının yüksək sürətini saxlamaq üçün oksigenin səmərəli keçirilməsini təmin etmək lazımdır.

Adətən mikroorqanizmlərin təmayülü torpaq hissəciklərini əhatə edən hava və maye ayrıcında toplanmasıdır. Aerob mikroorqanizmlərin oksigenə tələbatı onların fermentasiya layındakı miqdarından və inkişaf sürətindən asılıdır. Başqa amillər də rol oynaya bilər, məsələn, fermentasiya layından karbon 2-oksidi yox etmək vacibliyi. Karbohidrogenlərin fermentasiya mərhələsində əmələ gələn karbon 2-oksidinin fermentasiya layında yığılması nəticəsində əvvəlcə mikroaerofil, sonra isə anaerob zona və mikrozonaların əmələ gəlməsi ilə nəticələnə bilər ki, bu da bioremediasiya prosesinin keyfiyyət və kəmiyyət göstəricilərinə təsir edə bilər, bu da karbohidrogenlərin aerob parçalanmasının sürətini azalda bilər. Beləliklə, əgər fermentasiya tarlasını bioreaktor zənn etsək, biodeqradasiyanın sürətini yüksək səviyyədə təmin etmək məqsədilə oksigenin diffuziyasını daima təmin etmək lazımdır.

Qaz mübadiləsinin problemlərini həll etmək məqsədilə bioremediasiya işlərini apardıqda neftlə çirklənmiş qata xüsusi əlavələrin - aşqarların daxil edilməsi faydalı ola bilər. Çirklənmiş torpaqların gilliyinin yüksək olduğu təqdirdə, aşqarların daxil edilməsi xüsusilə əhəmiyyətlidir. Sistemdə aşqarların miqdarı o qədər olmalıdır ki, onun hissə-

cikləri bir-birinə toxunaraq məsaməli struktur yarada bilsin. Sistemdə aşqarların miqdarı az olduqda, onun hissəcikləri bir - birinə toxuna bilmirlər və hərtərəfli çirklənmiş süxurla əhatə olunurlar. Bu halda, aşqarlar öz əsas vəzifəsini yerinə yetirə bilməzlər. Bundan əlavə, aşqarlar suyu toplamağa və saxlamağa malik olmalıdırlar. Torpağın qranulometrik xüsusiyyətlərindən asılı olaraq torpağın 8-12 hissəsinə ən azı bir hissə aşqarlar əlavə olunmalıdır.

Neftlə çirklənmiş torpaqların fermentasiyası zamanı istifadə olunan aşqarların növü əhəmiyyətlidir. Aşqarların özləri parçalana və ya parçalanmaya bilirlər və eyni zamanda, mikroblara təsirdə orta mövqə tuta bilirlər. Məsələn, dənli bitkilərin samanı və ağacın yarpaqları çox gözəl parçalanırlar, başqa təbii maddələr isə, məsələn, ağac qabığı və yonqarlar, üzümün şanaları və tortaları, pambıq gövdələrinin budamaları və s. çox zəif parçalanırlar. Parçalanmağa məruz qalmayan aşqarlar da mövcüddür, məsələn, mineral mənşəli aşqarlar- perlit, seolit, klinoptilolit, keramzit və s., eləcə də, avtomobil rezininin doqramacları. Buna görə də texnoloji nöqteyi-nəzərdən mikroorqanizmlərin təsirinə məruz qalmayan mineral aşqarlardan, ya da ki, karbohidrogenlərlə müqayisədə çox zəif parçalanan aşqarlardan istifadə etmək daha da səmərəlidir. Təbii mənşəli aşqarlardan istifadə olunması, məsələn, ağac və samandan, yarpaqlardan, texnoloji nöqteyi-nəzərindən istifadə etmək arzu edilməzdir. Onlar mikroorqanizmlər tərəfindən tez parçalanaraq öz aşqarlıq funksiyasını tez itirir, nəticədə təmizlənməyən sistemdə C:N arasında olan qarşılıqlı münasibəti daha da artırır. Bunun nəticəsində, mühitdə əsla karbohidrogen mənşəli olmayan karbonun miqdarı artaraq mikroorqanizmləri öz əsas vəzifəsindən-karbohidrogenləri parçalamaqdan «yayındırır». Bu da neftlə çirklənmiş torpaqda bioremediasiya prosesinin zəif getməsinə səbəb ola bilər. Eyni zamanda, bu cür maddələrin az miqdarda «maya» şəklində mühitdə olması özünü doğrulda bilər. Bu da ondan irəli gəlir ki, bu mənşəli maddələr «sooksidləşmə» prosesləri çərçivə

vəsində fermentasiya layında karbohidrogenlərin mürəkkəbli kimyəvi strukturalarının parçalanmasında iştirak edə bilirlər. Sooksidləşmə proseslərini stimullaşdırmaq məqsədilə fermentasiya layına müəyyən miqdarda çörək maya göbələklərinin və pivə istehsalında əmələ gələn yuyucu sular, pivə tortaları, süd zərdabından və s. istifadə oluna bilirlər. Avtomobil rezinin doqramaclarının istifadəsi və onların təmizlənmiş torpaqdan sonrakı resirkulasiyası zamanı fermentasiya tarlalarında istifadəsi çox səmərəli olar. Bu da mikroorqanizmlərin təsirinə davamlı olan aşqarın təkrarən istifadəsinə imkan yaradır.

Fermentasiya tarlasında bioremediasiya prosesini yerinə yetirərkən, sirkulyasiya fermentasiyasının prinsiplərindən istifadə etmək faydalıdır. Bu zaman, bioremediasiya prosesində təmizlənmiş torpaqdan mexaniki üsulla ayrılmış aşqarlar, ya da ki. təmizlənmiş torpağın özünü təmizləməyə yönəldən neftlə çirkənlənmiş torpağa aşqarlar kimi əlavə olunurlar. Təkrarən istifadə olunan aşqarlara avtomobil şinlərinin doqramacları, keramzit, ağac qabığı və yonqarlar aid dirlər, ona görə ki, bu materiallar ya bioloji yolla parçalanmırlar, ya da ki bioremediasiya zamanı zəif parçalanırlar.

Təkrarən istifadə oluna bilən aşqarların (keramzitin, perlitin, yonqarların və s.) təmizlənmiş materiallardan mexaniki üsullarla ayrılmasının daha səmərəli olması məqsədilə təmizlənmiş süxurun nəmliyi ən azı 20-30%-ə qədər qurudulmalıdır. Bunu təmizlənmiş torpağın bir başa fermentasiya tarlasında mexaniki ventilyasiyasının köməyi ilə yerinə yetirmək mümkündür. Beləliklə, aşqarların təkrarən istifadəsi nəticəsində təmizləməyə yönəldilən neftlə çirkənlənmiş torpağa əlavə olaraq aşqarların hissəciklərinə adsorbsiya olunmuş mikrobların biokütləsi yeridilir və eyni zamanda, aşqarlara qənaət olunur. Bu da öz növbəsində bioremediasiyanın elə ilk mərhələsində çirkənləmələrin parçalanmasının sürətini artırır. Fermentasiya tarlalarının əksəriyyətində oksigenin mənbəyi kimi diffuziya olunan və suda həll olu-

nan oksigendən istifadə olunur (təbii və süni aerasiya zamanı). Oksigenin suda həll olunma qabiliyyəti azdır: 0,1 mPat (1 kqs/sm^2) təzyiqdə və 30°C temperaturda 1 litr distillə olunmuş suda həll olunmuş oksigenin miqdarı cəmi 7,5 mq-dır. Mühitin nəmliyini saxlamaq məqsədilə real suda oksigenin maksimal həll olunma qabiliyyəti 2-5 mq/l-dir və oksigenin bu miqdarı 1 mq xam nefti oksidləşdirmək üçün kifayətdir (n-qeksadekanla hesablamaqla). Mühitdə oksigenin ehtiyatı mikroorqanizmlərin həyat fəaliyyətini 0,5-2,0 dəqiqəyə qədər təmin edir.

Məcburi və ya təbii aerasiya zamanı havanın qabarcıqlarında olan oksigen qaz-maye və ya da qaz-bərk maddənin fazaları ayrıc səthlərə doğru diffuziya edir, bu səthi ötürək fazaların ayrıc səthdən mayeyə, bərk maddənin məsələrinə və mikroorqanizmlərin hüceyrə divarcıqlarına doğru diffuziya edir. Mühitdə karbogenlərin mikroorqanizmlər tərəfindən deqradasiyasında temperatur (adətən, optimal $28-32^\circ\text{C}$) və atmosfer təzyiqində həll olunmuş oksigenin tərzliq miqdarı başqa maddələrin miqdarına görə nisbətən, çox azdır, baxmayaraq ki, məhz bu maddələrin miqdarı mikroorqanizmlərin inkişafını məhdudlaşdırır. Oksigen deqradasiyasını məhdudlaşdıran elə amildir ki, mikroorqanizmlərin hüceyrələrinə doğru daşınmanın sürəti onun mənimləməsi sürətinə uyğun deyildir. Oksigenin mühitdə bu cür çatışmamazlığı karbohidrogenlərin deqradasiyasının sürətinin azalması ilə və mühitdə aralıq maddələrinin yığılması ilə nəticələne bilər. Buna görə fermentasiya tarlasının yüksək məhsuldarlığına onun bütün işçi həcmində intensiv kütlə-mübadiləsi prosesləri getdikdə nail olmaq mümkündür.

Mikroorqanizmləri-destruktorları oksigen ilə optimal sürətdə təmin etmək məqsədilə fermentasiya tarlasında atmosfer havasının fermentasiya layına təbii ya da ki, icbari diffuziyası üçün əlavə avadanlıqla təchiz etmək lazımdır. İcbari aerasiyadan istifadə etdikdə, fermentasiya laylarının altında perforasiya olunmuş boruları (asbosement, poli-

xlörvinil və s.) yerləşdirmək, ya da aerasiya səngərlərinin salınması nəzərdə tutulmalıdır. Bioremediasiya sistemlərində perforasiya olunmuş boruları-üfüqi aerasiya filtrlərinin yerləşdirilməsi şaquli filtrlərin yerləşdirilməsinə nisbətən, karbohidrogenlərin parçalanmasının sürətini artırmaqla daha səmərəli ola bilər. Torpağın aerasiyası üçün lazım olan havanın miqdarı onun laminar hərəkətdə filtrasiya əmsalından, nəmlikdən, sıxlıqdan, süxurun qranulometrik tərkibindən asılıdır və təcrübəvi nomoqramın əsasında təyin edilir.

İcbari aerasiya üsullarından istifadə etdikdə, onun xərci fermentasiya tarlalarında bioremediasiya işlərinin ümumi xərclərinin çox hissəsini təşkil edə bilər. Bu hallarda fermentasiya layının qalınlığını azaldaraq, aşqarlardan istifadə etməklə, vaxtaşırı əldə olan alətlərlə qarışdırıl və toxalanır, bununla da fermentasiya layından havanın təbii diffuziyası təmin edilir və fermentasiya tarlasında təmizləmənin yüksək məhsuldalığı əldə olunur.

Toxalama və çevirmədə qəbul edilmiş texnologiyadan asılı olaraq fermentasiya tsikli həftədə bir-iki dəfə aparılır. Fermentasiya layının çevirməsini bir neçə üsullarla və səmərəliliklə yerinə yetirmək mümkündür: kiçik həcm olduqda, əl ilə aparmaq və ya müəyyən maşınların köməyiylə. Böyük həcmli sistemlərdə müxtəlif traktor kotanlarının ya da ki, xüsusi quraşdırılmış çevik avadanlıqların vasitəsilə fermentasiya layının aerasiyasını, lazım olsa, onu nəmləşdirməklə yerinə yetirmək mümkündür. Fermentasiya layını çevirmək çox vaxt tələb edir, buna görə də, üzvi maddələrin komposlaşdırılması zamanı istifadə olunan sadə sistemi ağacların vasitəsilə səngərləri yaratmaqla fermentasiya layının təbii aerasiyasını təmin etmək mümkündür. 100 mm diametrli bambuk ağaclar fermentasiya tarlasının dibinə bir-birindən 0,5-0,7 m aralı və dibindən 100 mm hündürlükdə horizontal döşənilər. Horizontal ağaclar şaquli yerləşdirilən bambuk ağaclarlarının hər bir ilə əlaqədardırlar və buda aerasiya üçün səngərlər yaradır. Neftlə çirklənmiş torpağa yerləşdi-

rildikdən 1-3 gün sonra (bu vaxt yerləşdirilən materialın konsistensiyasından asılıdır) bambuk ağacları oradan çıxardılır və vetilyasiya üçün deşiklər qalır. Əgər iqtisadi nöqteyi-nəzərdən səmərəli olsa, o zaman bambuk ağaclarının yerinə eyni usulla perforasiya olunmuş borulardan da istifadə etmək olar. Perforasiya olunmuş boruların vasitəsilə fermentasiya layına icbari havanı da nasoslar vasitəsilə vurmaq olar.

Ən sadə fermentasiya tarlalarında atmosfer havasının diffuziyası adi traktor kotanı vasitəsi, toxalamaqla (kotan, disk və s.) yerinə yetirilir.

Fermentasiya tarlasında bioremediasiya prosesinin yüksək məhsuldarlığını təmin etmək və orada fəaliyyət göstərən mikroorqanizmlərin-destruktorların anabolik və katabolik aktivliyinin optimal səviyyədə olmasının təmin etmək üçün temperatur böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu mikroorqanizmlərin əksəriyyəti üçün onların böyüməsi və inkişafını təmin edən temperaturun diapazonu çox məhduddur, çox vaxt bir neçə dərəcə təşkil edir. Temperatur optimaldan az olduqda, buna cavab olaraq, hər bir mikroorqanizmin inkişafının sürəti nisbətən az alır, lakin bu optimaldan bir neçə dərəcə artıq olduqda, inkişafın sürəti kəskin sürətdə sıfıra qədər düşür. Bioremediasiya proseslərində istifadə olunan mikroorqanizmlərin əksəriyyəti mezofillərə aiddilər, onlar üçün temperaturun optimal həddi 15-40°C arasında ola bilər. Buna görə də, fermentasiya layında temperaturun optimal həddə stabil rejimini saxlamaq olduqca vacibdir. Fermentasiya layından zəif istiləndirilmiş (ilin soyuq aylarında), ya da ki bir qədər soyudulmuş (ilin isti aylarında) aerasiya üçün istifadə olunan hava üfürülərək orada optimal hədd temperaturunu saxlamaq mümkündür. Əgər, icbari vasitələrlə aerasiya yerinə yetirilmirsə və iqtisadi nöqteyi-nəzərdən havanı istilətmək və ya soyutmaq səmərəli deyilsə, qış aylarında fermentasiya layında temperaturu optimal səviyyədə saxlamaq məqsədilə onun üstünü perforasiya olunmuş (havanın təbii diffuziyasını təmin etmək məq-

sədilə) pilyonka, ya da ki samanla, gəc ilə və başqa əldə olunan materiallarla örtmək olar, ilin isti aylarında isə xırda, yalnız tez-tez sərin su ilə suvarmaqla bunu etmək olar. İlin isti aylarında fermentasiya layını samanla, gəc ilə mulçalamaqla ultrabənövşəyi şuaların üst səthinə mənfi təsirdən və layı qurumaqdan qorumaq olar.

Fermentasiya layının nəmliyi – mikroorqanizmlərin həyat fəaliyyəti üçün, bioremediasiya prosesinin uzun çək-məsinə və prosesin özünün keyfiyyətinə təsir edən çox vacib bir amildir. Nəmliyin bioremediasiya prosesinin sürətinə təsiri nəinki, mikroorqanizmlərin qida məhsullarının müəyyən miqdarından və ona uyğun osmotik təzyiqli su mühitində fəaliyyət göstərilməsinin genetik uyğunluğundan asılıdır. Eyni zamanda, bu onunla ilə əlaqədardır ki, enzi-matik sistemlərin biokimyəvi fəaliyyəti yalnız nəmli mühit-də mümkündür (su mikroorqanizmlərin biokütləsi 80-90 % təşkil edir).

Təmizlənən materialın nəmliyi kifayət qədər olmadı- qda materialın quruması və mikroorqanizmlərin məhv olunması ilə nəticələnə bilər. Nəmliyin artıq olması da mik-roorqanizmlərin aktivliyini tam şəkildə azaldaraq məhv edə bilər: qravitasiya nəmliyi torpaq hissəciklərinin arasına dolaraq havanı sıxışdırıb çıxardır, bunun nəticəsində, oksig-en qıtlığından aneroib şəraiti yaranır, neft karbohidrogenlə-rinin aerob destruksiyası tam şəkildə kəsilir.

Beləliklə, təmizlənən torpağın nəmliyinin azlığı və ar-tığı da bioremediasiya prosesini kəskin sürətdə ləngidə və hətta tam kəsə bilər. Bioremediasiya prosesinin intensiv in-kişafi üçün emal edilən materialların optimal nəmliyinin həddi 40-50 %-dır. Bunula əlaqədar, təmizlənən torpağın nəmliyi tam çöl su tutumunun 40-50 % həddində vaxtaşırı süni suvarmayla saxlanılmalıdır.

Suvarmanın üsulu hər dəfə şəraitdən asılı olaraq seçi-lir: böyük sahələri su maşınları ilə şırımlarla və başqa müxtəlif üsullarla suvarmaq mümkündür. Bəzi hallarda damcı suvarılma texnologiyası da iqtisadi nöqtəyi-nəzərdən

ən səmərəli ola bilər. Suya bioloji parçalanan üst-səthi maddələri əlavə etmək də artıq dərəcədə səmərəli olar. Bu cür üst-səthi maddələr hal-hazırda Azərbaycanda istehsal olunur (məs., «Alkan Ltd» şirkəti tərəfindən). Adətən, bu maddələrin suda 0,01-0,001 %-li məhlulundan istifadə olunur.

Fermentasiya tarlasında suvarma üçün istifadə edilən suyun təkimində bir qayda olaraq 50 mq/l-dən az xloridlər və 60 mq/l az sulfidlər olmalıdır. Ağır metalların duzları bakteriyaların inkişafına mənfi təsir göstərərək onların aktivliyini kəskin sürətdə azaldırlar. Buna görə, suda metalların miqdarı (mq/l-də) göstərilən rəqəmləri aşmamalıdır: fluor –1,5, sink –5,0, mis-3,0, arsen-0,05, qurğuşun-0,2.

Karbohidrogenləri parçalayan mikroorqanizmlər üçün pH-ın optimal göstəriciləri 6,8-7,2 arasında olduğunu nəzərə alaraq, pH-ı aşağı olan torpaqlar əhənglənməli, qələvili torpaqlar isə ya yuyulmalı ya da ki gipslənməlidir.

Neftlə çirklənmiş torpaqlarda suvarmanın səmərəliliyini azaldan hidrofobluğu aşağı salmaq məqsədilə üst-səthi maddələrdən, ən əsas bioloji yolla parçalanan üst-səthi maddələrdən istifadə etmək olar.

Bioremediasiya işləri aparıldıqda, bahalı xammaldan-mineral gübrələr, üst-səthi maddələrinin məhlulları, xüsusi yetişdirilən mikroorqanizmlər-destruktorlar, bioloji dərmanlardan və sairədən istifadə olunur və bunu nəzərə alaraq, mühitin mayesinin təkrarən istifadəsi, ya da regenerasiyası çox səmərəlidir. İri miqyaslı bioremediasiya prosesi aparıldıqda, mühitin təkrarən istifadəsi iqtisadi nöqteyi-nəzərdən çox səmərəlidir və yüksək qıt olan suya, üst-səthi maddələrinə, biogen elementlərə və s. qənaət olar, eyni zamanda çirkab suların həcmnin aşağı düşməsinə və onların tərkibində suda həll olunan degradasiya nəticəsində əmələ gələn maddələrin miqdarının azalmasına səbəb olar. Eyni zamanda, suvarılan ya da yağış suları ilə sistemdən yuyulan mikroorqanizmlərin də resirkulyasiyası təmin olunar, onların fermentasiya sistemində qaytarılmasına səbəb olar, bu da,

təmizləmə prosesində məhsuldarlığın yüksək sürətinin saxlanılmasına kömək edir.

Fermentasiya tarlasının həcmi, forması və dərinliyi hər bir şəratidə çirklənmiş torpaq həcmnin, texniki alətlərin kompleks mümkünliyünün, iqtisadi mülahizələrin və s. əsasında müəyyən olunur. Onlar yumru, düzbücaqlı, kvadrat formasında ola bilərlər. Hər bir konfigurasiya seçiləndə, suvarma sularının artığının fermentasiya layından sərbəst yuyulmasını, hava ilə asan diffuziyasını təmin etmək üçün optimal drenaj qoyulmalıdır.

Fermentasiya tarlasının əsas rejimi neftlə çirklənmiş torpağın bir kərə doldurulması və orada bioremediasiya işləri qurtardıqda boşaldırılmasıdır.

Fermentasiya layında bioremediasiya olunan xammal karbohidrogenlərin mürəkkəb qarışıqlarından və onların modifikasiyalarından ibarətdirsə, bu halda, oksidləşmə prosesi kompleksə daxil olan bütün maddələrin miqdarından və strukturundan asılı olacaqdır. İlk növbədə maddələrin qarışığından daha asan mənimsənən, enerji ilə təmin edilən və hüceyrə materialını qurmaq üçün mənimsənilən maddələr mikroorqanizmlər tərəfindən oksidləşir, məsələn, orta zəncirli n-alkanlar. Başqa karbohidrogenlər, eyni zamanda, ya da ki, ardıcılıqla oksidləşəcəklər. Maddələrin oksidləşmə qaydası çirklənmiş torpaqların təmizləməsinin müddətinə təsir edəcək. Maddələrin ardıcılıqlı oksidləşmədə təmizləmə müddəti hər bir ayrı maddənin oksidləşmə müddətlərin cəmi ilə müəyyən olunur.

Hüceyrənin içərisində karbohidrogenlər müxtəlif anabolik və katabolik dəyişmələrə məruz qalırlar. Anabolik çevrilmələr hüceyrələrdə yeni komponentlərin sintezi ilə nəticələnir, katabolik çevrilmələr isə hüceyrələrə lazım olan enerjini təmin edir. Fermentasiya layında aerob şəraitində gedən karbohidrogenlərin biokimyəvi oksidləşməsinin cəmini sxematik olaraq aşağıdakı göstərmək olar (n-alkanların misalında):



1-ci reaksiya mikrob hüceyrəsini enerji ilə təmin etmək üçün karbohidrogenlərin oksidləşməsinin xarakterini, 2-ci reaksiya isə hüceyrə üçün materialın sintez xarakterli olmasını göstərir. Bu reaksiyalarda oksigenin sərf edilməsi çirkləndiricidə nə qədər tam oksigenin bioloji udulmasını (OBU_{tam}) göstərir.

Fermentasiya layında bioremediasiya prosesi çirkləndiricinin mahiyyətindən, azotun və fosforun miqdarından, temperaturdan, mikroorqanizmlərin növlərindən və onların inkişafının sürətindən asılı olaraq, biokütlənin artması ilə müşahidə olunur. Karbohidrogenlərin miqdarı aşağı düşdükdə, fermentasiya layına əlavə edilən mikroorqanizmlərin miqdarı da azalır.

2.7. Torpaqlarda aparılan biokompostlaşdırılmanın texnologiyası

Neftlə çirklənmiş torpaqları və neft şlamlarını idarə edilən biokompostlaşdırılma texnologiyalarının köməyi ilə təmizləmək mümkündür. Neftlə çirklənmiş torpaqların və şlamların idarə edilən biokompostlaşdırılması mikroorqanizmlərin-destruktorların (biopreparatların) ümumi fəaliyyətinə əsaslanır. Bu şəraitdə gedən mürəkkəb biokimyəvi proseslərin nəticəsində karbohidrogenlər karbon qazı və suya qədər parçalanırlar. İdarə olunan biokompostlaşdırma texnologiyası 5%-dan 30%-a qədər çirklənmiş tullantıların təmizləməsinə imkan verir. Biokompostlaşdırılma proseslərində alınan texnogen torpaqlardan isə qazonların, yamacların və digər yerlərin planlı şəkildə qurulmasında istifadə etmək mümkündür.

Biokompostlaşdırılma hidrolizasiya olunmuş xüsusi rekultivasiya sahələrində aparılır.

Təbii-iqlim şəraitdən asılı olaraq texnologiya həm mövsümi (yaz-yay-payız), eləcə də, il boyu biomodullarda (üstü örtülmüş və ventilyasiya ilə quraşdırılmış məsafədə) aparıla bilər.

Biokompostlaşdırılmanın köməyi ilə görülmə təmizləmə texnologiyasına ardıcılıqla yerinə yetirilən bu cür işlər daxildir:

- çirklənmiş süxuru yerləşdirmək üçün sahənin təşkil edilməsi;
- çirklənmə dərəcəsinin təyin edilməsi;
- ləklərin (topaların) formalaşdırılması;
- biodərmanların əlavə edilməsi;
- süxurun mexaniki yolla qarışdırılması;
- süxurun turşuluğunun tədqiq edilməsi;
- biogenlərin əlavə edilməsi;
- nəmliyin və temperaturun optimallaşdırılması;
- sideqradasiya bitkilərinin əkilməsi;
- biokompostlaşdırma prosesinə nəzarət edilməsi;
- təmizlənmiş süxurun (torpağın) alınması.

Prosesin optimal şəraitdə keçirilməsi neft karbohidrogenlərinin tərkibindən və miqdarından asılı olaraq onların parçalanmasının yüksək sürətini təmin edir (1-5 aya).

2.8. Bioremediasianın fitomeliyativ mərhələsi

Bitkilərdən və onlarla assosiasiyada olan mikroorqanizmlərdən istifadə etməklə, çirklənmiş təbii və təsərrüfat obyektlərinin bərpası üçün hazırda yeni bir elmi istiqamət - fitoremediasiya inkişaf edir. Hal-hazırda məlumdur ki, torpaqların və suların üzvi və qeyri-üzvi maddələrdən təmizlənməsi üçün fitoremediasiya üsulundan istifadə oluna bilər (Cunningham S.D., Lee C.R., 1995; Trapp S., Karlson U., 2001). Neft karbohidrogenlərinin deqradasiyasının sürətinin bitkilərlə əkilən torpaqda daha da yüksək olması göstərilir (Carmen E.P.et.al., 1998; Lee K., De-Mora S., 1999;

Муратова и др., 2003). Karbohidrogenlərin detoksikasiyasında rizosferdəki mikrofloranın rolu əsasdır, çirkləndirici şəraitə uyğunlaşmış bitkilər isə mikroorqanizmlərin çirkləndiricilərə qarşı destruktiv fəaliyyəti üçün münasib şərait yaradırlar (Walton B.T., 1994). Beləliklə, çirklənmiş torpaqların fitoremediasiyanın əsas mexanizmini *rizodeqradasiya* təşkil edir.

İstifadə olunan üsullardan asılı olmayaraq, bioremediasiyanın son mərhələlərində qalıq karbohidrogenlərin miqdarı 1-3 %-ə çatdıqda fitoremediasiya üsullarının istifadəsi torpaqda çətin parçalanan karbohidrogenlərin oksidləşməsinin sürətinin artmasını təmin edir. Kənd təsərrüfatı bitkilərinin yetişdirilməsi üçün torpaqların gigiyenik qiymətləndirilməsinə uyğun olaraq torpaqda neftin miqdarı icazə verilən həddən (IVH) artıq olduqda, torpaqların çirklənməsi orta təhlükəli kateqoriya kimi müəyyənləşdirilir (Методические указания..., 1987). Bu kateqoriyada hər bir bitkinin yetişdirilməsinə o zaman yol verilir ki, kənd təsərrüfatı bitkilərinin keyfiyyətinə, işçi zonanın atmosfer havasına və yerli su mənbələrinə daima nəzarət olunsun. Çoxillik otların yetişdirilməsi torpağın bərpasının ilk mərhələsinə münasib olduğundan qəbul olunur.

Eyni zamanda, bunu da nəzərə almaq lazımdır ki, bitkilərin çoxu karbohidrogenlərin, o cümlədən, aromatik karbohidrogenlərin biokimyəvi detoksikasiyasını yerinə yetməyə qadirdirlər (Угрехелидзе, 1976). Bu cür işləri arid zonalarında aparmaq xüsusi aktualıq kəsb edir, ona görə ki, burada öz-özünü örtmək və dağılmış ekosistemlərin bərpası prosesləri çox ləng gedir, ancaq fitomeliorasiya üsullarının köməyi ilə onları tezləşdirmək mümkündür.

Neftlə çirklənmiş torpaqların fitoremediasiyası bir neçə mərhələlərdən ibarətdir:

1. Sahənin çirklənməsinin təbiətinin qiymətləndirilməsi (neftin ya da ki, neft məhsullarının xassəsi, çirklənmənin dərinliyi, xəritələşmə);

2. Fitoremediasiyanın optimal sxeminin işlənməsi (bu növ çirkləndiricini yox etmək üçün daha səmərəli olan və mövcüd torpaq-iqlim şəraitinə uyğun olan bitkilərin növ tərkibinin seçilməsi, əkilmə sxeminin müəyyənləşdirilməsi, lazım olan aqrotexniki tədbirlərin seçilməsi, o cümlədən, qidalanmanın optimallaşdırılması və bitkilərin kimyəvi mühafizəsi və s.);
3. Bitkilərin yetişdirilməsi (kompleks aqrotexniki tədbirlərin aparılması, o cümlədən, torpağın və toxumların hazırlanması, mineral və üzvi gübrələrin verilməsi, torpağın toxalanması, bitkilərin mühafizəsi üçün dərmanların istifadəsi);
4. Sahənin nəzarəti (monitorinqi) (neft komponentlərinin miqdarının və onların yayılmasının müəyyənləşdirilməsi, neftin biodeqradasiya yollarının öyrənilməsi, informasiya və proqnozlaşdırma analizlərin aparılması).

Fitomeliorativ mərhələnin əsas işləri neftə qarşı davamlı olan çox illik otların əkilməsi və bu zonaya xas olan aqrotexniki tədbirlərin aparılması ilə onları bu şəraitə uyğunlaşdırılmasından ibarətdir (Ярыбов Г.И., Ахмедов Б.А., 1999). Neftlə çirklənmiş torpaqların fiziki-kimyəvi xassələrini yaxşılaşdırmaq məqsədilə su kəmərlərinin su durulducu hovuzlarda əmələ gətirdiyi tortlarından istifadə etməsi edilməsi səmərəli üsullardan biridir (Ахмедов Б.А., Кахраманова Т.Б., 2005).

Bitkilərin və biotanın digər komponentlərinin suksessiyası, bitkilərin veqetasiya dövrünün bir-iki il müddətində normal inkişafı, biokütlənin tərkibində İVH-dən artıq olmayan 3,4-benzpirenin miqdarı neftlə çirklənmiş torpaqlarının bərpasının əsas mərhələsinin başa çatmasının göstəricisi kimi qəbul edilə bilər.

Yetişmiş bitkilərin biokütləsindən elə bu sahədə siderat kimi istifadə edirlər. Bitkilərin biokütləsindən və onların ifrazatlarından torpaqda kometabolizm proseslərinin

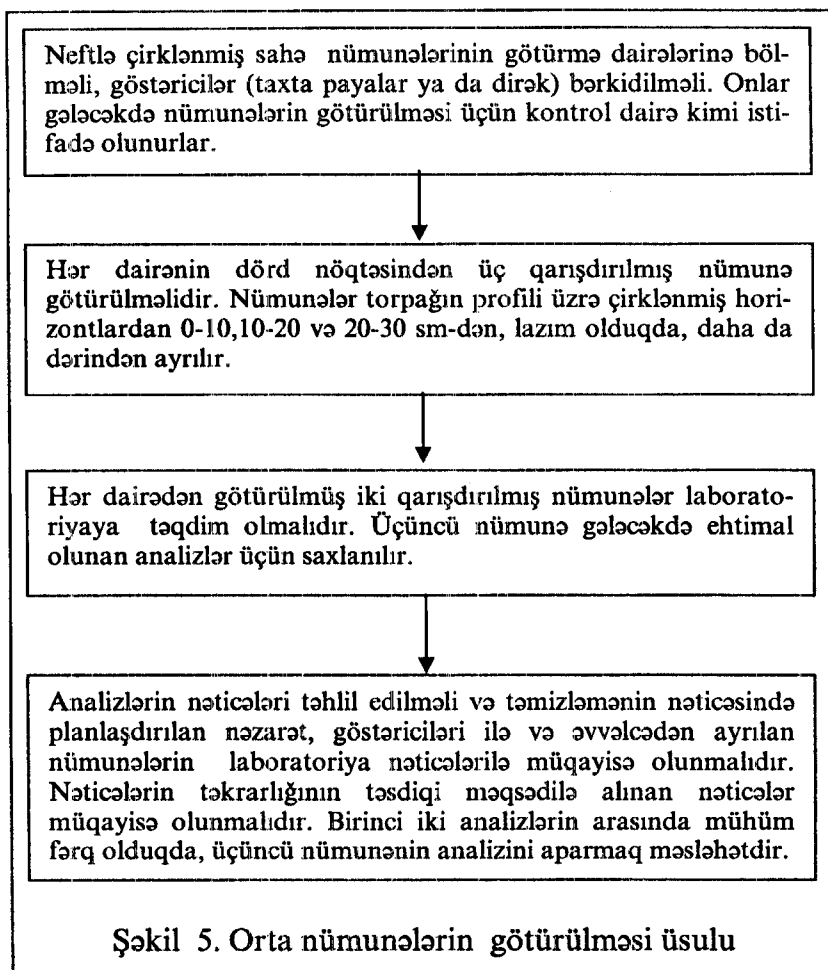
sürətini artırmaq məqsədilə istifadə etmək lazımdır. Elə bu məqsədlə, torpaq mikroorqanizmlərin bioloji aktivliyini artırmaq məqsədilə müəyyən maddələr əlavə etmək olar, məsələn, kənd təsərrüfatı istehsalında əmələ gələn tullantıları buna misal göstərmək olar.

2.9. Bioremediasiya prosesinin monitoring sistemi

Bioremediasiya tədbirləri apardıqda vaxtaşırı fermentasiya layından orta nümunələr götürülərək onlarda prosesin optimal rejiminin və bərpa işlərinin nəticələrinin göstəriciləri-indikatorlar müəyyən olunur:

- pH (bir başa çöl şəraitində çöl pH-metrlə müəyyən olunur);
- nəmlik (bir başa fermentasiya layında çöl nəmliyi ölçən vasitəsilə ölçülür);
- karbohidrogenlərin qatılıq miqdarı (standartlaşdırılmış laboratoriyada müəyyən olunur);
- torpaqda və bitkilərdə poliaromatik karbohidrogenlərin miqdarı (standartlaşdırılmış laboratoriyada müəyyən olunur);
- torpaqda tənəffüsün intensivliyi və tənəffüsün əmsalı Q_r ;
- mikroorqanizmlərin-destruktorların miqdarı və aktivliyi (standartlaşdırılmış laboratoriyada müəyyən olunur);
- təmizlənən torpağın fitotoksikliyi (standartlaşdırılmış laboratoriyada müəyyən olunur);
- bitkilərin suksessiyası;

Orta nümunələrin götürülməsinin üsulları 5-ci şəkildə göstərilib.



Bərpa işlərinin monitorinqi 6-cı şəkildə göstərildiyi plan üzrə aparılır.

Neftlə çirklənmiş sahə nümunələrini götürmə dairələrinə bölməli, göstəricilər (taxta payalar, ya da dirək) bərkidilməli. Onlardan gələcəkdə nümunələrin götürülməsi üçün nəzarət dairəsi kimi istifadə olunurlar. Dairələr hər hansı ölçüdə ola bilər, amma praktiki məqsədlər üçün üstünlük 0,5 hektardan çox olmayan dairələrə verilməlidir.

Nümunə götürülən dairənin bir-birinə yaxın olan nöqtələrindən ayrı-ayrı nümunələr götürülməli. Nümunələrin ümumi miqdarı aşağıdakı düsturla hesablanmalıdır:

$$N = \frac{6,2\sigma'}{(C_s - \mu)}$$

burada:

N – tələb olunan nümunələrin sayı

σ - nümunələri götürülən sahədə çirklənmələrin konsentrasiyasının standart ayrılmasının qiymətləndirilməsi (əvvəlki nümunələrin əsasında);

C_s - çirklənmə dərəcəsinin maksimal məqbul göstəricisi (mq/kq-da);

μ - nümunələr götürülən sahənin konsentrasiyanın orta qiyməti (mq/kq-da);

Laboratoriyanın işini qiymətləndirmək məqsədilə ən azı iki nümunə (və ya ümumi sayın 10%-ni təşkil edən) iki nüsxədə götürülməlidir.

Nümunələri laboratoriyaya analizi üçün götürməli

Analizlərin nəticələri təhlil edilməli və təmizləmənin nəticəsində planlaşdırılan nəzarət göstəricilərlə müqayisə olunmalıdır. Nümunələrin birinci və ikinci nüsxələrində alınan nəticələr müqayisə olunmalıdır. Nəticələrin xətası ən az olan miqdara görə 100%-1 aşmamalıdır.

Şəkil 6. Bərpa işlərinin monitorinqi.

FƏSİL 3

Neftlə çirklənmiş torpaqların tədqiq edilmə üsulları

3.1. Neftlə çirklənmiş torpaqların monitorinqinin bəzi prinsipləri

İxrac borularının qəzası nəticəsində xam neftin dağılıb yayılması ehtimalı mövcuddur. Bu şəraitdə torpaqların bioloji məhsuldarlığının itirilməsi və qarşısı alınmaz degradasiyasının təhlükəsi artır və belə çirklənmələrin nəticələrinin qiymətləndirilməsi və onların qarşısını almaq kimi məsələlərin aktuallığı artır.

Çirklənmiş torpaqlarının vəziyyətinin monitorinqi bu torpaqların neftlə gerçək çirklənməsinin səviyyəsini, gələcəkdə çirklənmə ehtimalını, bu çirklənmənin qiymətləndirilməsini və nəticələrin proqnozlaşdırılmasında kompleks məsələlərin həll edilməsi qabaqcadan nəzərə alınmalıdır.

Torpağın vəziyyətini qiymətləndirmək məqsədilə onun həm kimyəvi, həm də bioloji vəziyyətini əks etdirən göstəricilər sistemindən istifadə oluna bilər. Lakin, bunu da nəzərə almaq lazımdır ki, torpaq çox mürəkkəb, biosenotik və abiotik komponentlərin daxilində və eyni zamanda onlar arasında əzəmətli möhtəşəm əlaqələr olan bir ekoloji sistemdir. Biotik komponentlərin göstəriciləri çox həssas və operativirlər, bu da abiotik komponentlərin xassələrində dəyişmələr təhlükəli səviyyəyə çatana qədər qiymətləndirməni aparmağa imkan verir. Torpağın və torpaq komponentlərinin xüsusiyyətini, müxtəlif aspektlərini xarakterizə edən yüzlərlə göstəricilər mövcuddur, amma bioloji reaksiyaların tədqiqi zamanı qeyd olunan əks etmələrin sayı praktiki olaraq çox ola bilər. Torpağın daima dəyişkən olmasını nəzərə alaraq, çirkləndirici maddələrin torpağın bioloji aktivliyinə təsirinin tədqiqat işlərinin nəticələrinə interpretasiya etməsi çətindir.

Təbii şəraitə neftin təsiri təbii amillərlə artırıla, azaldıla bilər, buna görə də nəzarət olunan kəmiyyətin statistik köklü fərqləri nəzarət olunan obyektə müşahidə olunmaya bilər. Buna görə də texnogenezi şəraitdə torpağın vəziyyətini qiymətləndirən məqbul kəmiyyətlərin və onların ən geniş yayılan variantlarının seçilməsi çox mühüm və aktual əhəmiyyət kəsb edir.

Torpağın vəziyyətinin ilk diaqnostikası üçün ən faydalı kompleks bioloji göstəricilərdir. Bunların sırasına torpaq fermentlərinin aktivliyi, tənəffüsün intensivliyi, torpaq makro və mikrofaunanın müxtəlif növlərinin olması (ya da ki, olmaması), indikator bitkilərinin cücərmə qabiliyyəti (cücərmənin enerjisi) və s. daxildir.

Bioloji göstəricilər, çirklənmənin səmərəsini, hətta çirkləndiricinin mənbəyindən və onun təbiətində asılı olmayaraq, aşkar etməyə imkan verir və buna görə də onlar müəyyən universallığa malikdirlər.

Biomonitorinq üçün göstəricilərin seçimində əsas tələblər bunlar ola bilərlər:

- qomeostatik mexanizmlə proseslərə aid olan göstəricilər seçilib ayrılır;

Birinci tələbə riayət etdikdə, o göstəricilərə üstünlük verilir ki, onlar müxtəlif coşan amillərə qarşı qeyri səciyyəvi olan cavab verən xüsusiyyətlərin göstəriciləri;

Birinci və ikinci tələblərə riayət edildikdə, integral göstəricilərə üstünlük verilir, bu ilk növbədə instrumental yollar ilə tez və etibarlı ölçülə bilən göstəricilərdir.

Müxtəlif texnogen təzyiqlərə qarşı mikroorqanizmlərin münasibətinin öyrənilməsindən ətraf mühitin vəziyyətinin biomonitorinqində mikroorqanizmlərin qeyri səciyyəvi reaksiyalarının-mikrob kompleksinin miqdarı, tərkibi, strukturu və aktivliyinin dəyişməsi-istifadə olunmasının perspektivliyi göstərilmişdir. Texnogen təsirin əl ilk mərhələlərində mikroorqanizmlərin münasibəti birinci signal ola bilər və mikrobiologiya göstərici İVH-nin əsaslandırılması

üçün məhdudlaşdırıcı amildir. Birdəfəlik texnogen təsirə qarşı mikroorqanizmlər 5-6 saatdan sonra reaksiyaya girirlər, əksinə olaraq, eyni təsirə qarşı bitkilərin reaksiyası isə təkrarən, texnogen təsirdən sonra müəyyən olunur. Buna görə də mikrob populyasiyalarının reaksiyalarından neftlə çirklənmiş torpaqların monitorinqindən başlanğıc təsirin biotesti kimi istifadə oluna bilər, bunun nəticəsində, texnogen təsirin vaxtından əvvəl müəyyənləşdirmək olur. Təklif edilir ki, torpaq mikrobiotasına antropogen təsirin qiymətləndirməsi onların təbii variabelliyyənin sərhədləri haqqında aparılsın. Təbii norma kimi vaxtın müəyyən müddətində mikroorqanizmlərin miqdarının dəyişməsinə və tərkibinin dəyişməsinə götürmək olar.

Əgər, neftin təsiri nəticəsində ekosistemin vəziyyətinin dəyişmələrinin olub ya da olmadığını tez müəyyənləşdirmək lazımdırsa, bu cür qiymətləndirmənin ən operativ mümkünlüyünü mütləq nəzərə alaraq qısa fluktuasiyaların diapazonuna uyğun olaraq aparmaq mümkündür.

Əgər mikroorqanizmlərin təsirə qarşı münasibəti təbii variatabelliyyəni çərçivədən qırağa çıxırsa, deməli neftin təsiri icazə verilən hədd çərçivəsindədir. Təbii variatabelliyyənin diapazonunun yuxarı və aşağı sərhədlərindən çıxan münasibətlər qeydə alınarsa, neftin torpağa təsiri son dərəcə yol verilən, kritik və yol verilməz ola bilər.

Torpağın üzvi və qeyri-üzvi tərkib hissələri arasında funksional əlaqələr fermentativ yolla həyata keçirilir, buna görə, bu torpaq-bioloji proseslərin intensivliyinin və təmayülünün qiymətləndirilməsində istifadə oluna bilər. Mühüm torpaq proseslərində iştirak edərək fermentlər ekosistemdə funksional rol oynayırlar, onların ən mühüm torpaq xassəsi isə aktiv olmalarıdır. Fermentlərin aktivliyi və torpağın məhsuldarlığı arasında olan əlaqə bilavasitə ekosistemin müxtəlif dəyişikliklərində torpaqda gedən dəyişmələrin diaqnostikası üçün onların aktivliyindən istifadə olunmasına şərait yaradır.

Başqa bir yol – integral qiymətləndirilmədir. Onun mahiyyəti torpağın integral keyfiyyətini xarakterizə edən kəmiyyətlərin tapılmasından ibarətdir. Bu cür integral göstərici kimi mikrob sisteminin qorunma əmsalından (S_M) istifadə edilə bilər:

$$S_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i / y_i \cdot 100$$

burada: n – göstəricilərin sayı; x – çirklənmiş torpaqda i göstəricisinin qiymətidir; y_i – çirklənməmiş torpaqda i -nin göstəricisinin qiymətidir (fon). Bu əmsal, çirklənməmiş torpağa nisbətən, çirklənmiş torpaqda mikrob senozunun strukturu-nda sayca tərkibin dəyişkənliyini əks etdirir. $S_M < 100\%$ -dan az olduqda mikrob senozun məyusluğunu, $S_M > 100\%$ olduqda onun stimullaşdığını göstərir.

Torpağın öz-özünü təmizləməsinə qabil olduğunu kəmiyyətcə integral qiymətləndirilmənin minerallaşma əmsalının (« α ») köməyi ilə göstərmək olar (Исмаилов и др., 2000). Karbohidrogenlərin təsirini torpağın aktivliyinin bərpa olduğunun müddəti ilə şkalalarla (cədv. 9) qiymətləndirilə bilər.

Cədvəl 9. Çirkləndiricilərin torpağın bioloji aktivliyinə təsirinin qiymətləndirilməsi

Nəzərdə tutulan kəmiyyətin bərpası, gün		Nəticələrin qiymətləndirilməsi
Laboratoriya şəraiti	Çöl şəraiti	
15	30	Təsir göstərmir
15-30	30-60	Az təsirli, lakin mənfi təsirin olması ehtimalı var
>30	>60	Çox təsiri var Köklü ekoloji nəticələrin ehtimalı var

Torpaq monitorinqinin göstəricilərinin ümumi sistemi 10-cu cədvəldə verilir. Göstəricilərin sisteminə kimyəvi, fiziki və bioloji kəmiyyətlərin cəmləri və miqrasiyası, toksik xassələri və torpağın çirklənmə dərəcəsini əks etdirən göstəriciləri daxildir.

Cədvəl 10. Neftlə çirklənmiş süxurların monitorinq göstəricilərinin kompleks sistemi

Torpaqların xüsusiyyəti	Göstərici
Çirklənmənin dərəcəsi	Neftin ümumi miqdarı (mq, q/kq). Üst-səthi maddələrin miqdarı; Ağır metalların miqdarı;
Fiziki-kimyəvi	pH; Oksidləşdirici-bərpaedici: Eh(µB); Kationlu-mübadiləli: Udulmuş əsasların cəmi (mq/gkv.100q).
Aqrotexniki	Humusun, azotun, fosforun, kaliumun ümumi miqdarı (%);
Bioloji	Torpağın fermentativ aktivliyi: Dehidrogenazanın və s. fermentlərin aktivliyi. Torpağın tənəffüsü (CO ₂) Mikrob sisteminin bütövlüyünün inteqral əmsalı S _m Nefti parçalayan mikroorqanizmlərin sayı Minerallaşma əmsalı («U») Torpağın fitotoksikliyi (%)
Torpağın ümumi xassələri	Mikroaqreqat və mexaniki tərkib Xüsusi elektrik ötürücülüüyü (µB)
Miqrasiya xassələri	Buxarlanma Profil üzrə miqrasiyası
Çirklənməyə və xassələrin dəyişməsinə qarşı davamlılığı	Humusun davamlılığı Torpaq udma kompleksinin davamlılığı (TUK) Turşulu-əsaslı xassələrin davamlılığı Fermentativ aktivliyini davamlılığı Növ müxtəlifliyinin davamlılığı

3.2. Torpaqların neftlə çirklənməsinin təyin edilməsi

Neftlə çirklənmiş torpaqların təmizlənməsi üçün plan tərtib etməzdən əvvəl ilk növbədə çirklənmiş sahənin səthini, çirklənmənin dərəcəsini və dərinliyini təyin etmək zəruridir.

Instrumental üsullarla torpağın çirklənməsini təyin edərkən yerdə dayaq nöqtələri seçilərək onların arasındakı məsafəni və küncləri müəyyənləşdirirlər. Alınmış nəticələr xəritəyə köçürülür, sonra isə xəritənin miqyasına uyğun olaraq ərazinin səthi hesablanır.

Torpaqların çirklənmə dərəcəsi süxurun neftlə doyma dərəcəsinə görə müəyyənləşdirilir. Süxurun neftlə doyma dərəcəsi, torpağa hopulmuş neftin miqdarına (kütlə M və yaxud həcmnin V) nisbəti kimi təyin edilir:

$$M(vp) = K(n) \cdot V(qr), \text{ kq;}$$

$$V(vp) = K(n) \cdot V(qr), \text{ kub. m} \quad (1)$$

Süxurun neft tutumunun qiyməti (Kn) torpağın nəmliyindən asılı olaraq 11-ci cədvəldə verilən kimi qəbul olunur.

Cədvəl 11. Süxurların neft tutumu

Süxur	Nəmlik, %				
	0	20	40	60	80
Çınqıl (hissəciklərin diametri 2...20 mm)	0,30	0,24	0,18	0,12	0,06
Qumlar (hissəciklərin diametri 0,05...2 mm)	0,30	0,24	0,18	0,12	0,06
Kvars qumu	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05
qumluca, giltorpaq (orta və aqır)	0,35	0,28	0,21	0,14	0,07
Gil torpaq, yüngül	0,47	0,38	0,28	0,18	0,10
Gilli qrun	0,20	0,16	0,12	0,08	0,04
Torf süxuru	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10

Neftlə hopulmuş torpağın həcmi $V(qr)$ aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$V(qr) = F(qr) \cdot h(\text{orta}) \quad (2)$$

Bütün sahədə ($F(qr)$) neftlə hopdurulmuş torpaqda süxurun hopulmasının orta dərinliyi $h(\text{orta})$ bütün şurfların orta arifmetik göstəricilərinin köməyi ilə (bütün sahədə ən azı 5 bərabər bölüşdürülmüş şurfların orta arifmetik göstəriciləri) təyin olunur.

Neftlə çirklənmiş süxurun hopdurulmasının dərəcəsi torpaq nümunələri götürüldükdən və onların tərkibində neftin miqdarının təyin edilməsindən sonra müəyyənləşdirilir.

Torpaq nümunələri çirklənmiş sahənin diaqonallığı ilə kənardan başlayaraq hər 8...10 metrden bir 0-0,2 m və 0,2-0,4 m dərinliyindən götürülür.

Çirklənmiş sahənin səthini, dərinliyini və çirklənmə dərəcəsini müəyyənləşdirərək torpağın qranulometrik tərkibini də müəyyənləşdirmək faydalıdır. Bir qayda olaraq, nisbətən, gilli süxurlardan özlü neftlər süzülmülər, filtratdan isə daha yüngül və az özüllü neftlər keçirlər. Xam neftin ağır komponentləri – asfaltenlər, qətranlar və s. molekulaların iri ölçüləri ilə fərqlənərək –2-3 nm-dən 6-8 nm-ə qədər olurlar və bununla əlaqədar olaraq onlar torpaqların üst səthlərində adsorbsiya olunurlar (torpağın xam neftlə çirklənməsi «üzdən» olduqda). Montmorillonit gili ən yüksək xüsusi səthə malik olduğu üçün ən yaxşı sorbsiya xassələrinə malikdir. Kaolinit gil isə ona nisbətən, karbohidrogenləri daha zəif adsorbsiya etməyə malikdir. Xam neftin hopma qabiliyyətinə görə əsas süxurların təsnifatı 12-ci cədvəldə verilir.

**Cədvəl 12. Müxtəlif süxurlarda neft məhsullarının
hopma qabiliyyəti (Жызе, 1986)**

Qrunt	Süzülmənin düzüümü (su üçün FƏ-lə, m/sutka	Hopulmuş neft məhsullarının miqdarı, l/m ³
İri çınqıl, qaya parçaları	10 ²	-
Çınqıl-iri dənəvərli qum	10 ² - 10 ¹	8
İri-orta qum	10 ¹ - 10 ⁰	15
Orta-kiçik qum	10 ⁰ - 10 ⁻¹	25
Gilli qum-gil	10 ⁻¹ - 10 ⁻³	40

12-ci cədvəldən göründüyü kimi, yüksək gilli torpaq süxurunun bir kubmetrinə 40 l neft hopdurmağa malikdir. Beləliklə, məsələn, sahədə 1000-t xam neftin tökülməsi nəticəsində ən azı 2500m³ süxur çirklənə bilərsə, qəbul edək ki, bütün tökülən neft süxurlar tərəfindən tam hopulacaqdır.

Neftlə və neft məhsulları ilə çirklənmiş sahələrin monitorinqini aparmaq məqsədilə Yer səthinin aero və kosmik fotosəkillərindən də istifadə etmək mümkündür. Distansion üsulların köməyi ilə obyektlərin spektral əks etdirilmə qabiliyyətinin müxtəlifliklərini fiksasiya etmək mümkündür. Torpaq örtüyünün ən ciddi pozulmaları yer üzündə texnogen təsirin nəticəsində baş verir. Texnogen təsirin nəticəsində torpaqların ayrı-ayrı sahələrinin tam pozulması baş verir, ya da ki, onların xüsusiyyətlərində ciddi pozulmalar baş verir. Torpağın çirklənməsi bitkilərin seyrəklənməsinə, əvəz edilməsinə, ya da ki, tam məhviylə nəticələnə bilər. Xam neftin torpağın üst horizontuna təsiri nəticəsində onların spektral parlaqlığı dəyişir. Bununla əlaqədar olaraq, neftlə çirklənmələr distansion üsulların köməyi ilə dəqiq tanınır və xarakterizə olunur. Aero və kosmik şəkillər yerdə yüksək rüksətnamə qabiliyyətinə malik olmalıdırlar (2-5 m qəbildən). Hal-hazırda fotosəkil materialları ən yüksək rüksətnaməyə malikdirlər, onlar eyni zamanda, ən yaxşı geometrik dəqiqliyə də malikdirlər: onlar üzərində obyektlər oxşar formada əks olunurlar, bu ortoqonallığa yaxın

olan proyeksiyadır, bu da onların üzərində müxtəlif ölçüləri apamağına və nəticələrin müqayisə edilməsinə yol verir.

Aero və kosmik foto ilə şəkil çəkmək üçün istifadə olunan fotoaparatlardan optimkəsi çox yüksək rüksətnaməyə malikdir. Torpaq örtüyü və onun pozulması haqqında ən dolğun informasiyanı kosmosdan 1:100000-1:200000 miqyasda foto ilə çəkilmiş və aerofoto ilə çəkilmiş şəkillər verilmiş və eləcə də iri miqyaslı – 1:250000-1:50000 materiallar verirlər.

3.3. Torpaq nümunələrinin götürülməsi, saprofit bakteriyaların və nefti parçalayan mikroorqanizmlərin ayrılması və hesaba alınması

Laboratoriyada kimyəvi və bioloji analizlərin aparılması üçün torpaq nümunələrin götürülməsi

Hər bir təmizlənən sahə üçün onun xəritəsinə əsaslanan torpaq nümunələrinin götürülməsinin planı və metodologiyası işlənir. Torpaq nümunələrinin götürülməsinin proqramı 5-cü şəkildə göstərilir və hər tərəfli 6-cü şəkildə təsvir edilir.

Sahənin vəziyyətinin qiymətləndirilməsi və bu işlərin aparılmasının planlaşdırılması

Əgər sahənin qiymətləndirilməsi işi yerinə yetirilirsə, ya da ki, bu işlərin yaxın gələcəkdə aparılması planlaşdırılırsa, ən münasib yol bioremediasiya işlərinin görülməsi üçün götürülmüş torpaq nümunələrini qiymətləndirə bilən məsləhətçi/kontraktorların cəlb edilməsidir. Bununla da nümunələrin təkrarən, götürülməsi üçün əlavə işlər sığortalana bilər. Bundan əlavə, cəlb edilən məsləhətçi sahələrdən torpaq nümunələrinin götürülməsinin texniki qaydalarını yaxşı bilməlidir. Məsləhətçi nümunələrin götürülmə planını qeydə almalı və bunu layihənin rəhbəri üçün başa düşülən şəkildə etməlidir.

Süxurun tam çıxarılması və anbara yığılması. Əvvəlcədən tam çıxarılan və anbara yığılan çirklənmiş torpaqlardan nümunələrin götürülməsi daha asan və dəqiq ola bilər, nəinki, qabaqcadan yığılmamış və ya qismən çıxarılmış sahədən. Əvvəlcədən, tam çıxarılan və anbara yığılan çirklənmiş süxurlar daha eyni mənşəlidirlər və onların həcmi daha dürust ölçülə bilər.

Əgər çıxarılmış süxurlar adi quyulara doldurulubsa, lazım olan miqdarda nümunələr tam doldurulmuş quyudan götürülməlidir. Əgər çıxarılmış süxurlar bir neçə quyulara yerləşdirilibsə və onlar bir-birindən kəskin sürətdə fərqlənmirlərsə, (rəngilə, qoxusu ilə, tekstura ilə və s.) onda lazım olan miqdarda nümunələr quyuların qruplarından götürülür. Əgər quyularda saxlanılan materiallar bir-birindən kəskin sürətdə fərqlənilərsə, onda lazım olan miqdarda nümunələr bir-birindən fərqli olan quyulardan götürülməlidir. Əmin olmaq lazımdır ki, bir-birindən fərqlənən quyulardan götürülmüş nümunələr müəyyənləşdirilib və bir-birindən fərqlidirlər.

Çirklənmiş süxurlardan nümunələrin götürülməsi plastik paketlərdə aparılır. Quyunun perimetrlə gedərək, torpağın yuxarı 30 sm qatından ayrılmış 1 çalov torpaq pakete yerləşdirilir. Bu yolla cəmi «çirklənmiş torpaq» işarəli yarlıqlı paketlərə 76 kq torpaq götürülür, nümunənin götürülmə tarixi, quyunun yerləşdiyi yer, nümunənin adı orada qeyd olunur.

Qabaqcadan çirklənmiş, qatı çıxarılmamış sahələr. Çirklənmiş sahədən süxurlar qabaqcadan çıxarılmamışlarsa, sahənin sərhədləri müəyyənləşdirilə, müəyyənləşdirilməyə də bilər. Bu və digər hallarda süxurların ilkin surətdə səciyyələndirilməsi daha az dəqiq olacaqdır. Əgər sahənin çirklənmə dərəcəsi də məlum deyilsə, onun səciyyələndirilməsi də daha az dəqiq olacaqdır.

Ən böyük və ən az dərəcəli çirklənmiş zonalardan torpaqların nümunələrini götürmək məsləhət görülmür.

Nümunələr elə seçilməlidirlər ki, onlar reprezentativli və çirkləmənin orta konsentrasiyanı xarakterizə edə bilsinlər.

Çirklənmiş sahənin sərhəddi məlumdur. Müəyyən olunmuş çirklənmiş zonalarından lazım olan miqdarda süxurların nümunələri götürülməlidir. Əgər torpağın üst hissəsi də çirklənibsə, nümunələr üst və aşağıdakı horizontlardan götürülməlidir. Əgər mümkündürsə, xəritədə və ya sahənin sxemində götürülən nümunələrin təxmini yerini qeyd etmək lazımdır. Götürülmüş nümunələr bütün məlumatlarla göstərilən (tarix, götürülən yer, nümunənin adı və s.) yarlıqlı paketlərə qoyulur.

Çirklənmiş sahənin sərhəddi məlum deyildir. Çirklənmiş sahənin sərhədləri məlum deyilsə, intuitiv yanaşma və keçmişin təcrübəsi nümunələrin götürülmə yerlərinin seçilib müəyyənləşdirilməsi üçün çox faydalı ola bilər. Bir qayda olaraq nümunələr üst 30 sm horizontdan götürülür, baxmayaraq ki, çirklənmə daha alt horizontlara da çata bilər. Əgər mümkündürsə, xəritədə və ya sahənin sxemində nümunələrin təxmini götürülmə yeri qeyd olunmalıdır. Bütün götürülmüş nümunələr markalanmalıdır.

Bəzi hallarda dövlət və yerli idarəedici orqanlar çirklənmiş sahələrin üst açıq səthlərini çıxarmağı tələb edə bilərlər. Əgər süxurlar çıxarılacaqlarsa, onda süxurları tam şəkildə çıxartıqdan sonra nümunələrin götürülməsinə başlamaq olar.

Nümunələrin saxlanması. Analitik işləri aparmaq məqsədilə nümunələri göndərməmişdən əvvəl onlar 40°C-də saxlanılmalıdır.

Saprofit aerob bakteriyaları və karbohidrogenləri oksidləşdirən mikroorqanizmlərin ayrılması və qeyd olunması

Bərk mühitlərdə becərilmə (kasa üsulu) üsulları. Mikroorqanizmlərin təmiz kulturalarını ayırmaq, identifikasiya etmək onların fiziologiyasını, biokimyasını və s. xassələrini öyrənməyə imkan verir. Üsulun mahiyyəti mikroorqanizm tərkibli on dəfələrlə həll edilmiş torpaq suspenziyasını Petri

kasalarında bərk qidalı mühitin üstünə köçürməkdir. Mühitə düşən mikroorqanizmlərin hüceyrələri adi gözlə görülən koloniyalar əmələ gətirilər. Say qeydində qəbul edilir ki, hər bir koloniya bir hüceyrənin bölünməsi nəticəsində əmələ gəlir. Bakteriyaların ayrılması üçün ət-pepton aqardan (ƏPA) istifadə edilir. Eyni zamanda, bakteriyaların və aktinomisetlərin ayrılması məqsədilə on dəfə həll edilmiş ƏPA-dan istifadə edirlər.

Son dərəcədə həll edilmiş üsulların istifadəsi.

Bu zaman əkilmə kasalarda yox, özündə müəyyən miqdarda maye şəkilində qidalı mühit olan probirkalarda aparılır. Hər bir həll edilmədən bir neçə probirkada əkilmə aparılır. Termostatda inkubasiyadan sonra mikroorqanizmlərin inkişafı müəyyən edilən ən axırıncı probirka qeyd olunur. Bu nəticələrin əsasında təhlil edilən mikroorqanizmlərin qrupunun təxmini sayı ən ehtimal ədəd üsulu ilə hesablanır. Dəqiq nəticə almaq üçün əkilməni çox saylı paralel probirkalarda (5 və daha çox) apararaq hesablamlar aparmaq üçün Mak-Kredi cədvəlindən istifadə edirlər.

Mikroorqanizmlərin neft karbohidrogenlərində ayrılması. Suda həll olunmayan karbohidrogenləri o cümlədən uzun zəncirli C_{10} -dan artıq olan normal alkanları Pseudomonas, Corynebacterium, Arthrobacter, Mycobacterium, Nocardia, Rhodococcus, Acinetobacter və başqa növlərə aid olan mikroorqanizmləri oksidləşdirirlər. Həll olunmayan karbohidrogenlərdə inkişaf edən psevdomonadlar mühitə bioloji üstü-səthi maddələr ifraz etməklə, karbohidrogen hüceyrələrinin içinə süzülməsinə imkan yaradır, burada isə onların oksidləşməsi gedir. Başqa bakteriyaların növlərində bioloji üstü-səthi maddələri hüceyrənin divarcıqlarında yerləşirlər, ya da kapsullu üst-səthi maddələri əmələ gətirirlər.

Karbohidrogenli bakteriyaları daha dolğun hesablamaq məqsədilə mühitlərin 2 variantından istifadə etmək məsləhət görülür:

- neftli mühit-burada adətən, çöküntü və torta əmələ gətirən psevdomonadlar inkişaf edirlər;
- n-qeksadekanlı mühit (lazım olduqda, aromatik karbohidrogenli)- bu mühitdə yuxarıda qeyd olunan bakteriyaların başqa növləri – sulu mühitin və karbohidrogen arasında olan sərhəddə qaysaq əmələ gətirən növləri- inkişaf etdirilir.

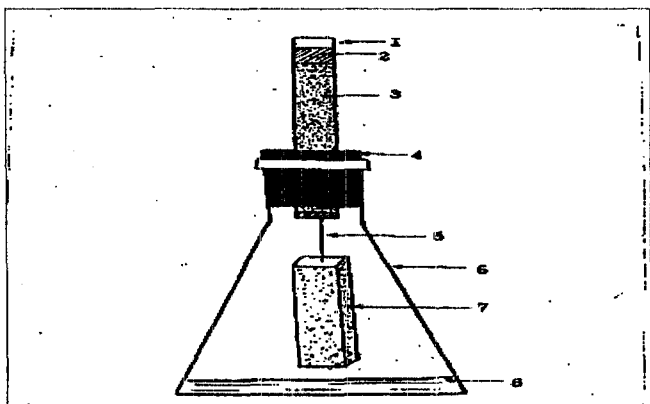
Nefti və karbohidrogenləri mənimsəyən bakteriyaları bu mühitdə təyin edirlər (q/l kran suyunda): Na_2CO_3 -0,1; $\text{MnSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ -0,02; Na_2HPO_4 -0,7; KH_2PO_4 - 0,5; MgSO_4 -0,2; $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ -0,01; NH_4Cl -2,0; NaCl –torpaqda miqdarı olduğu kimi. Mühit avtoklavda 1 atm.-də 30 dəqiqə sterilizasiya olunur. Sterilizasiyadan sonra mühiti hər bir 9 ml-ni həcmi 25ml-li penisillin flakonlarına tökürlər, on qat həll etmə üsulunu bir başa flakonlarda istifadə etməklə əkilən material əlavə olunur. Əkiləndən sonra flakonlara steril neft və ya da n-qeksadekan əlavə olunur (0,1-0,2 ml / 10 ml mühitə). Aromatik karbohidrogenlərin çoxusunun yüksək konsentrasiyada bakteriyalar üçün çox toksik olduğunu nəzərə alsaq, onların miqdarı mühitdə 0,05-0,1 %-dən çox olmayacaq. Aromatik karbohidrogenlərdən ayırma substralları kimi istifadə etdikdə, kifayətləndirici nəticələr o vaxt alınır ki, əgər bu maddələr maye fəzasında yox, hava fəzasında mövcuddurlar. Karbohidrogenlərin emulsiyasından istifadə etdikdə, su-neft və su-karbohidrogenin daha böyük səthini almaq mümkün olur. Bu məqsədlə neftin və ya başqa karbohidrogenlərin 10%-nə 0,05%-li Tvin 80 əlavə etməklə distillə edilmiş suda ultra səs cihazlarında cərəyanın gücü 0,2 a-də və tezlik 44 Khs olduqda 5 dəqiqə ərzində emulsiyalaşdırılırlar. Karbohidrogenləri əlavə etdikdən sonra penisillin flakonlar tıxaclarla bağlanırlar. Əkilməli torpağın temperaturuna uyğun olan temperaturda üç həftə ərzində inkubasiya yolu ilə aparılırlar (termostat olmadığı halda inkubasiyanı bir ay müddətində aparılır).

Nefti və karbohidrogeni oksidləşdirən bakteriyaların inkişafı haqqında nəticələr vizual müşahidələrin əsasında aparılır: su fazasının bulanmasıynan, maye və karbohidrogen arasında bakterial qaysağın əmələ gəlməsiyi ilə, piqmentlərin yaranması ilə, tortanın əmələ gəlməsi ilə, karbohidrogenlərin emulsiyası ilə, su mühitinin turşuluğunun artması ilə aparılır. Mikroorqanizmlərin inkişafını vizual üsulla aparmaqla yanaşı, bu iş mikroskopik nəzarət ilə də müşayət olunmalıdır.

3.4. Mikroorqanizmlər tərəfindən neft və neft məhsullarını parçalamağa qadir olmasının ekspress-üsulu

Karbohidrogenlərin mikroorqanizmlər tərəfindən deqradasiyası karbon qazının ifraz edilməsi və onun intensivliyilə təyin edilir.

Mikroorqanizmlərin oksidləşmə qabiliyyətini təyin etmək üçün alətin həcmi 25 ml olan şüşə slindrik kolbadan ibarətdir (6). Bu kolbadan poladlı simə (5) keçirilmiş 30x8x8 mm-lik poliuretan qubkası (7) asılır (şəkil 7).



Şəkil 7. Mikroorqanizmlərin oksidləşmə qabiliyyətini təyin etmək üçün alət

Polad simli rezin tıxacla (1) bərkidilir və onun içindən Natron əhənglə doldurulmuş şüşə trubkası keçir (3). O kolbanın qaz fazası və bayır havası ilə əlaqə yaratmaq üçün quraşdırılır. Natron əhəngi kolbaya eşik havasının oksigenini daxil edir, lakin xaricdən karbon qazının keçməsinin qarşısını alır. Mikroorqanizmlərin 0,1-0,2 ml suspenziyası poliuretan qubkanın yan tərəfinə əlavə edilərək orda onlar hopurlar, üzvi substrat isə qubkanın yuxarı üfqə hissəsinə əlavə edilir. Kolbaya 2ml 0,05N-lı $\text{Ba}(\text{OH})_2$ tökülür. Mikroorqanizmlərin suspenziyası ilə poliuretanın bir parçası kolbada asılır və termostatda 30°C -də 5-6 saat ərzində kultivasiya aparılır. Təcrübəni aparanda fikir vermək lazımdır ki, tıxac kolbanın ağzına kip yapışsın. İfraz edilmiş və $\text{Ba}(\text{OH})_2$ tərəfindən hopulmuş karbon qazının təyini 0,05 N HCl-run məhlulu ilə, fenolftalenin iştirakı ilə, titrləmə üsulu ilə aparılır. Kolbanın daxilində ilk karbon qazının miqdarını təyin etmək üçün mikrob suspenziyasını əlavə etmədən nəzarət təcrübəsi qoyulur.

Karbohidrogenlərin oksidləşməsi və oksidləşmənin aktivliyi konkret olaraq karbohidrogenə və neft məhsullarına görə karbon qazının əmələ gəlməsi intensivliyindən asılılığına görə təyin edirlər.

Oksidləşmənin aktivliyinin təyini maye və ya aşqarlaşdırılmış mühitlərdə 2 gün becərilmiş mikroorqanizmlərin biokütlələrində aparılır. Əvvəlcədən, mikrob kulturaları onların fizioloji xüsusiyyətlərinə uyğun olan pH-lı bufer məhlulları ilə yuyularaq poliuretanın bir parçasına yeridilir və ekspozisiya olunurlar.

Karbon qazının miqdarı 1 saatda ifraz olunan 1 mq quru biokütlənin miqdarı ilə mq-la müşayət olunur. Tam qurumuş biokütləni azotun miqdarı ilə ifadə etmək olar, bu təqdirdə, karbon qazının miqdarını 1 saata 1 mq azotun miqdarı ilə müşayət olunur.

Ekspozisiyadan sonra karbon qazının miqdarı aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$X_{CO_2} = \frac{A - V \times 0,05 \times 44}{n \times t} \quad (\text{mq/TQB/saat})$$

burada A – kolbaya tökülən 0,05N Ba(OH)₂, ml;
 V – titrəmədə istifadə olunan 0,05N HCl, ml;
 0,05 – Ba(OH)₂məhlulun normallığı;
 44 –CO₂-ın mq-ekvivalenti;
 n - bir parça poliuretana əlavə olunan biokütlənin
 miqdarı, mq;
 t - ekspozisiyanın müddəti, saat;
 TQB -tam quru biokütlə.

Oksigenin sərf edilməsi mikroorqanizmlər tərəfindən bu və digər substratın mənimsənilməsini sübut edirsə də, mühitdə oksidləşmə nəticəsində əmələ gələn aralıq məhsullarının toplanmasının mümkünlüyünün kəmiyyət göstəricilərini əks etdirmir. Bir çox hallarda, mikroorqanizmlər karbohidrogen substratlarını yalnız modifikasiya edir və bu mühitdə qismən oksidləşən məhsulların toplanmasına səbəb olur. Mənimsənən substratın minerallaşma sürəti, haqqında ehtimal etmə imkanı yaradan karbon qazının əmələ gəlməsi sürətini karbohidrogenlərin və neft məhsullarının deqradasiyasında oksigenin mənimsəmə sürətinə nisbətən üstünlüyə malikdir. Bu üsul-bioremediasiya məqsədlərini həll etmək üçün çirkəndirici maddələrin maksimal şəkildə mineralaşmasına nail olmağa tam şəkildə uyğun gəlir. Bu məqsədə də, yalnız o vaxt nail olmaq olar ki, mikroorqanizmlər-destruktorlar yüksək minerallaşma əmsalları ilə səciyyələnilər. Buna görə, karbohidrogenlərin parçalanması proseslərini stimullaşdırmaq məqsədilə torpağa əlavə olunan mikroorqanizmlərin-destruktorlarının seçimi zamanı mineralaşma əmsalından biokimyəvi göstərici kimi istifadə etmək çox səmərəlidir. Müəyyən kulturanın minerallaşma əmsalını Km, karbon qazının əmələ gəlmə sürətinin (A) oksigenin

mənimsəmə sürətinə (B) qarşılıqlı münasibəti kimi təsəvvür etmək mümkündür: $Km=A/B$. Bu əmsalın göstəriciləri mikroorqanizmi, karbohidrogeni maksimal sürətlə deqradasiya etməsini, tam minerallaşmasına qədər qabiliyyətilə korrelyasiya edəcəkdir. Bu göstəricidən istifadə etməklə, neftlə çirkələnmiş obyektlərdən ayrılmış kulturalardan elə birinci mərhələdə karbohidrogenləri yüksək sürətlə deqradasiya edən mikroorqanizmlərin-destruktorların seçilməsinə imkan yaranır. Bu göstəriciləri nəzərə alaraq, mikroorqanizmlərin-destruktorların assosiasiyalarını hazırlamaq (bioloji dərmanların), onların biokütləsini bioloji reaktorlarda artıraraq, çirkələnmiş torpaq və su ekosistemlərinə əlavə etməklə, məsələn, fermentasiya tarlalarına, bioremdiasiya proseslərinin səmərəliliyini daha da artırmaq olar.

3.5. Torpaqların tənəffüsü və tənəffüs əmsalının təyin edilməsi

Karbon qazının ifraz edilməsilə təyin edilən torpağın tənəffüsü karbohidrogenlərin parçalanmasının prosesini xarakterizə edən geniş yayılmış bir üsuldur. Nəzərə alaraq ki karbon qazının 80-90%-i torpaqda məskunlaşan orqanizmlərin həyat fəaliyyəti nəticəsində ifraz olunur, torpağın tənəffüsü torpaq və atmosfer arasında gedən qaz mübadiləsini səciyyələndirir və torpağın bioloji aktivliyini özündə əks edir.

Torpaq mikroorqanizmlərinin aktivliyini tez qiymətləndirən, karbon qazının ifrazını təyin edən üsul çox sadə və əlverişli üsullardan biridir. Karbon qazı karbohidrogenlərin aerob şəraitdə minerallaşmasının son məhsulu olduğunu nəzərə alsaq, onun ifrazının sürətinin ölçülməsi neft məhsullarının minerallaşmasının indikatoru kimi qəbul olunur.

Torpağın tənəffüsünün aktivliyini bir başa çöl şəraitində və eləcə də, çirkələnmiş obyektlərdən götürülmüş nümunələrdə laboratoriya şəraitində təyin etmək mümkün

dür. Birinci halda, torpağın bütün biotasının tənəffüsü ölçülür (baxmayaraq ki, neftlə çirkələnmiş torpaqlarda çirkəlmə dərəcəsindən asılı olaraq bitkilərin və torpaq heyvanlarının əksəriyyətinin fəaliyyəti müəyyən qədər azalır). İkinci halda isə, bitkilərin kökləri və torpaq heyvanları tənəffüs göstəricilərini artırırırlar, buna görə tənəffüsü təyin etməzdən qabaq torpağın qabaqcadan müəyyən üsullarla emal edilməsilə bu cür təsirin-qarşısını almaq mümkündür.

Karbon qazının əmələ gəlməsinin sürətini müəyyən etmək üçün torpağı 10 q steril penisilin flakonuna yerləşdirilir və tıxacın köməyiylə germetik bağlanır. Çöl şəraitində torpaq nümunəsi ilə flakonlar polietilen paketlərə qoyularaq torpağa ya da fermentasiya layına (fermentasiya tarla-larında) təyin edilən dərinliyə qədər basdırılır. Laboratoriya şəraitində isə torpaq nümunəsi ilə flakonlar termostata yerləşdirilərək torpağın ilin bu fəsinə uyğun günlük orta temperaturunda saxlayırlar.

Torpaqların inkubasiyası 24 saat aparılır. Bu müddətdən sonra nümunələr çöl şəraitində torpaqdan, ya da termostatdan çıxarılaraq qaz fazasını orta vəziyyətə gətirmək üçün 2-3 dəfə silkələyirlər və sonra onlardan qaz fazasından tibbi şprislə 1 ml nümunə götürülür. Götürülmüş qaz nümunəsində karbon qazının miqdarı təyin edilir. Qazın analizi titrlik, infraqırmızı qaz analizilə, ya da qaz xromatoqra-fında aparılır. Baxmayaraq ki, titrləmə üsulları müəyyən qədər az həssaslığa malikdirlər, ancaq onlar başqa üsullara nisbətən, daha əlverişlidirlər.

Titrləmə üsullarında karbon qazını təyin etmək üçün təmiz penisillin flakonuna 0,001N-lı 10 ml Ba(OH)_2 (hopdurucu) əlavə edirlərək (1 ml qaz fazası üçün lazım olan miqdar) tıxac ilə germetik bağlanır. Bundan sonra flakona tibbi şprislə 1 ml qaz nümunəsini əlavə edirlər. Bu tədbiri etdikdə, flakonu aşağı-yuxarı silkələyirlər ki, qaz nümunəsinin qovucuqlarını hopdurucudan keçirirlər. Sonra şpris-lər çıxardılır, flakonlar yeridilən qaz nümunəsinin tərkibin-

də olan karbon qazının tam şəkildə hopdurulmasını təmin etmək üçün yenə də bir neçə dəfə silkələyirlər. Bundan sonra flakonun içindəkinin həcmi 100ml. konik kolbaya boşaldılır və qəbul edilmiş üsulla Ba (OH)₂ məhlulunun qalıqını fenolftaleinin iştirakı ilə 0,001n. HSl-un məhlulu ilə titrləyirlər. Nəzarət kimi qaz fazası kimi əlavə edilməyən Ba(OH)₂ məhlulla doldurulmuş penisillin flakonu istifadə olunur.

Analizlərin nəticəsində təcrübə flakonlarında qəbul edilmiş üsulla qaz fazasının həcmi təyin edilir. Sonra torpaqda müəyyən müddət ərzində karbon qazının əmələ gəlməsinin sürəti aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$v = \frac{536,2}{273 + t, ^\circ\text{C}} \times \frac{(V_k^{\text{HCl}} - V_o^{\text{HCl}}) \cdot V \cdot 100}{A \cdot K \cdot T}$$

burada v – CO₂ torpaqda əmələ gəlməsi, mq CO₂/ kq tam quru torpaqa /sutkaya;

$$\frac{536,2}{273 + t, ^\circ\text{C}} - \text{CO}_2\text{-nin ml-ni mq-a sayılması;}$$

t, °C – inkubasiya olunan torpaq nümunələrinin günlük orta temperaturu;

V_k^{HCl} – nəzarət flakonunda Ba(OH)₂-nin qalığını titrləmək üçün istifadə olunan HCl, ml;

V_o^{HCl} – təcrübə flakonunda Ba(OH)₂-nin qalığını titrləmə üçün istifadə olunan HCl, ml;

V – təcrübə flakonunda qaz fazasının həcmi, ml;

A – 1 ml təmiz CO₂-nin hopması üçün Ba(OH)₂-nin miqdarı, ml;

K – Tam quru torpağa saymaq (TQT) üçün əmsal, bərabərdir:- $\frac{100}{100 + H_2O}, \%$

T – torpaq nümunələrin inkubasiya müddəti, sutka;

Neftlə çirklənmiş torpaqların tədqiqatı zamanı və müxtəlif bioremediasiya texnologiyalarını reallaşdırarkən mikroorqanizmlərin tənəffüs əmsalını təyin etmək çox səmərəli olardı. Tənəffüs əmsalının göstəriciləri torpağın mikrobiosenozunun vəziyyəti haqqında məlumat verə bilməsi ehtimalını yaradır.

Tənəffüs əmsalı $Q_r = V_{\text{bazal}} / V_{\text{sir}}$

burada V_{bazal} –təmiz torpaqda mikroorqanizmlərin tənəffüsü; V_{sir} –çirklənmiş torpaqda mikroorqanizmlərin tənəffüsü.

Tənəffüs əmsalı temperaturdan və torpağın nəmliyindən asılıdır. Tənəffüs əmsalı az olduqda (0,2-0,3) torpaqda heç bir pozulmanın olmadığını sübut edir, yuxarı göstəricilər (0,7-1,3) onu göstərir ki, torpaq mikrobiosenozu stress vəziyyətindədirlər. Stress göstəricisi Q_r -dan mikrobiosenozun vəziyyətin və ekosistemdə pozulmaların mövcudluğunun çox həssas indikatoru kimi istifadə oluna bilər. Eyni zamanda, Q_r çirkləndiricisi deqradasiya proseslərində iştirak edən torpaq mikrobiosenozunun tarazlıq vəziyyətində olub-olmaması haqqında, məsələn, fermentasiya tarlalarında gedən bioremediasiya proseslərində səmərəlilik indikatoru kimi də ola bilər.

3.6. Torpaqda neft məhsullarının miqdarının təyin edilməsi

Kimyəvi analiz çirkləndirici maddənin xüsusiyyətini - onun tərkibini, ümumi miqdarını, onun tərkibindəki maddələrini miqdarını və s-ni təyin etməyə imkan verir Tövsiyə edilir ki, bu cür analizləri çirklənmiş sahənin ümumi qiymətləndirilməsi mərhələsində aparsınlar. Son İş Planı daha düzgün, daha səmərəli və daha dəqiq o vaxt işlənib hazırlana bilər ki, çirkləndiricilərin və süxurların analizləri təmizləmə planının tərtib edilmə mərhələsində aparılıb.

Torpağın özü-özünü təmizləmə prosesinin səciyyəoləndirmək məqsədilə «yarım parçalanma» anlayışından istifadə olunur. Bu elə bir müddətdir ki, torpaqda neftin miqdarı iki dəfə azalır. Bunun təyini sadə üsulla aparılır: neft torpaqdan münasib həlledicilərlə ekstraksiya olunur, ekstrakt ölçülür. Ekstrakt əlavə olaraq İnfraqırmızı, Ultrabənövşəyi, fluoressentli spektrometrlə, xromatoqrafiya yolu ilə ölçmək olar.

Hal-hazırda, neft çirkləndiricilərini tədqiq etmək məqsədilə xromatoqrafiya, mass-spektrometriya, infraqırmızı spektrometr, lyüminessent analizlərindən istifadə olunur. Bütün bu üsullar analiz olunan materialdan əvvəl, neft məhsullarının üzvi həlledicilərlə çıxarılmasını tələb edir. Lakin bu cür çıxarma tam olmur, buna görə çıxarma ilə bağlı olan üsullar çirklənmənin dəqiq qiymətləndirilməsinə imkan vermir. Çirklənmənin ilk mərhələlərində neftin müəyyənləşdirilməsi çətin problemlər yaranmır. Uzun müddətli çirklənmələrin diaqnostikası daha mürəkkəbdir, ona görə ki neftin əsasən karbohidrogen fraksiyaları itir, buna baxmayaraq, onun miqdarı torpaqda yüksək olaraq qalır. Neftin komponentlərinin torpaqdan bütöv çıxarılması ən səmərəli üzvi həlledici ilə – qeksanla göstərir ki, müxtəlif torpaqlar üçün ilk çirklənmənin dərəcəsi 4-15% olduqda və çirkləndirici maddələrin torpaqla qarşılıqlı əlaqə müddəti 0-5 ay olduqda çıxarılmanın miqdarı 61%-dən 66%-ə qə-

dər olmuşdur. Uzunmüddətli çirklənmə olduğu yerlərdə (çox illər ərzində) neft maddələrinin torpaqdan çıxarılması çətinliklər yaradır. Bu da ondan irəli gəlir ki, təbii amillərin təsiri nəticəsində (oksidləşmə, fotooksidləşmə, mikrobioloji oksidləşmə, torpaq humusu ilə birləşmələr və s.) neft maddələrinin bir qismi üzvü həlledicilərlə birləşərək çıxarılmayan formalara çevriliblər. Bu cür yüksək molekululu komplekslərin tədqiqi üçün karbonun izotop analizi ilə yanaşı, destruktiv üsullar (piroliz) yüksək həssaslıqlı molekulyar analizə uyğunlaşdırılmış üsullardan istifadə etmək üçün prioritetli ola bilərlər. Xromatoqrafiya, mass-spektrometriya, infraqırmızı spektrometriya və lüminiscent analizləri üsulları neft maddələrinin ayrı-ayrı komponentlərini tədqiq edirlər və neftlə çirklənmənin ümumi göstəricisini təyin etmirlər. Lüminiscent analiz üsulu çirklənmənin dərəcəsini yalnız neft maddələrinin miqdarı az olduqda (0,1-0,5%-ə qədər) müəyyənləşdirir, onun dərəcəsi artdıqca üsulun dəqiqliyi də azalır. Nəzərə almaq lazımdır ki, ultrabənövşəyi şuaların təsiri nəticəsində karbohidrogenlərin yalnız bir qismi (yüksək molekululu aromatik, əsasən polisikliklər) lüminestensiyaya məruz qalırlar, bunun özü də müxtəlif dərəcələrdə olur.

Torpaqların çirklənməsinin təyin edilməsi üçün obyektlərdən qabaqcadan neft məhsullarının çıxardılmasını tələb etməyən əlverişli üsulların biri də torpaqların əks etdirmə qabiliyyətinə əsaslanır. Əks etdirmə spektrlərinin şəklinin çıxarılması spektrofotometrə dalğaların uzunluğu görünən diapazonda 400-dən 750 nm-ə qədər aparılır. İntegral əks etdirilmənin və torpaqda karbohidrogenlərin miqdarı arasında olan korrelyasiya əmsalı ehtimal dərəcəsi 0,95 olduqda 0,85-0,89 vahid təşkil edir.

Çirklənməmiş və müxtəlif dərəcədə çirklənmiş torpaqların müqayisəli spektral əks etdirmə qabiliyyətləri arasında olan fərqlərin müəyyənləşməsi tədqiqat işlərinin ilk mərhələsidir və çirklənmənin diaqnostikasına aid olan məsələləri

həll etməyə imkan yaradır. Neftlə çirklənmiş torpaqların əks etmə qabiliyyətinə görə müəyyənləşdirilməsi bir üsul kimi ekspress xarakter daşıyır və neftlə çirklənmiş obyektlərin müxtəlif monitoring növlərində istifadə oluna bilər. Torpaqda neft məhsullarının inteqral əks etmə dərəcəsinə görə təyin edilməsi neft 4-6%-dan artıq olmadıqda daha səmərəlidir.

Torpaqda neftin miqdarı çox olduqda, daha sadə, əlverişli və səmərəli qravimetrik üsuldur. Bu üsulun mahiyyəti çirklənmiş torpaqdan neft məhsullarını üzvi məhlulların köməyi ilə Sokslet aparatında tam şəkildə çıxarılmasına qədər fasiləsiz ekstraksiyası, həlledicinin buxarlanması, qalıqı isə tərəzidə çəkilməsidir.

Torpaqda neft maddələrinin miqdarının təyini bu ardıcılıqla aparılır:

Çirklənmiş torpağın 5-10 qr-ı filtr kağızdan düzəldilmiş paketa qoyulur və Soksletin miniaparatına keçirilir. Həlledicini zəif qızdıraraq aparatın yuxarı hissəsində kağız paketi əhatə edən həlledicini tam solğunlaşdırana qədər fasiləsiz ekstraksiyası aparılır (adətən, torpaqda neftin miqdarından asılı olaraq 1-3 saat). Kiçik byuksu qapağı ilə bir yerdə tərəzidə çəkilərək, onun içinə Sokslet aparatından neft məhsulları ilə hopmuş həlledicini tökürlər və ventilyasiyanın köməyi ilə həlledicini tam buxarlandırırlar. Həlledici tam şəkildə buxarlandıqdan sonra byuksu tərəzidə tam bir rəqəm alınana qədər çəkilir.

Hesab: torpaqda neft məhsullarının qalıqlarının miqdarı (X_m) mq/100q torpaqda aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$X_m = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{10}$$

burada m_1 –həlledicini tam buxarlandırdıqdan sonra byuksun neft qalığı ilə çəkisi, mq; m_2 - byuksun boş çəkisi, mq; 10- torpaq nümunəsinin çəkisi, qr.

Torpaqda neft maddələrinin miqdarını əvvəlcədən kalibrəmə əyrisini qurmaqla kalorimetrik və ya da spektrofotometrik üsullar ilə təyin etmək olar. Torpaq nümunəsinin 1qr-mı 50 ml toluolla 5-8 dəqiqə çalxalanaraq, məhlulun tərkibində olan neftin miqdarı 420 nμ dalğada təyin olunur.

Çirklənmənin identifikasiyası.

Birinci addım, süxurda ehtimal olunan çirkləndirici maddələrin müəyyənləşdirilməsidir. Sahənin tarixinin gözədən keçirilməsi (sahənin istismarı, neft quyularının mövcudluğu, qəza hadisələrinin gedişi və s.) sahədə çirkləndirici maddələrin müəyyənləşdirilməsinə kömək edər. Bu informasiyaların mənbəyi kimi bunlar ola bilərlər: yerüstü foto şəkillər, topoqrafik və çöl xəritələri, torpaq haqqında hesabatlar, geoloji və quyular haqqında olan məlumatlar, təftiş hesabatları, işçilər və qonşularla müsahibə. Çirklənmə haqqında qeyri rəsmi məlumatla kifayətlənmənin əvəzinə çirklənmə prosesini tez müəyyənləşdirmək daha səmərəlidir. Əlverişli analitik üsullar var ki, onların köməyiylə torpaqdakı hər hansı qeyri-üzvi və üzvi maddələri təyin edə bilərlər.

Torpaqdakı hər hansı üzvi maddənin keyfiyyət tərkibini təyin etmək məqsədilə süxurların nümunələri aşağıda göstərilən analizləri aparmaq üçün verilir.

Çirkləndiricinin təyini. Təyinin üsulu.

Uçucu üzvi maddələr (UÜM).

EPA 8240 Üsulu.

Yarımuçucu üzvi maddələr.

EPA 8270 Üsulu.

EPA 8240 üsulu 39 uçucu üzvi maddələri təyin etməyə imkan verir. EPA 8270 89 yarımuçucu üzvi maddələri təyin etməyə imkan verir. Analitik laboratoriyalar bu analizləri yalnız xüsusi maddələr üçün aparır. Laboratoriya torpaqda ola bilən hər hansı naməlum maddələrinin təyini aparmalıdır. Bu testlər üçün instruksiyaların səciyyəvi xüsusiyyətləri bunlardır:

EPA 8240 üsulu və 10 naməlum maddələrin təyini ,
EPA 8270 və 20 naməlum maddələrin təyini.

Qeyri üzvi maddələr (metallar) bu cür analizlərin seriyası ilə təyin edilə bilirlər:

Çirkləndiricilərin analizi. Analizin üsulu.

24 EPA metallar. EPA 6010

Civə. EPA 7471 üsulu.

Qeyri üzvi çirkləndiricilərin təyini üçün EPA 6010 ən yaxşı üsuldur. Civə bu üsulla təyin edilə bilməz, lakin başqa üsulla təyin edilə bilər.

Çirkləndiricilərin miqdarının təyini.

Birinci addım, torpaqda çirkləndiricinin ehtimal olmasının təyindən, ikinci addım, bu çirkləndiricinin torpaqda miqdarının təyin olunmasından ibarətdir.

Aşağıda süxurda çirkləndiricilərin miqdarını müəyyənləşdirmək məqsədi ilə istifadə olunan üsullar sadalanır.

Çirkləndiricinin təyini. Analizin üsulu.

Karbohidrogenlərin ümumi miqdarı (KÜM) – EPA 418,¹.

Poliaromatik karbohidrogenlər (PAK) – 8100 EPA Üsulu.

Uçucu aromatik maddələr (UAM) –8020 EPA üsulu.

¹ Torpaqlar üçün modifikasiya olunub

Uçucu və yarım uçucu maddələr – modifikasiya olunmuş LUFT 8015 üsulu.

Karbon zəncirlərinin təyini (xromatoqrafiya)- ASTM 2887 üsulu.

Bir çox idarəedici təşkilatlar çirklənmiş torpaqda mövcüd olan qeyri -uçucu karbohidrogenləri EPA 418,1 üsulu ilə təyin edirlər. 418,1 EPA üsulu yanacaq fraksiyalarını dizeldən başlayaraq asfaltənlərə qədər təyin edilir. Müəyyənləşdirmənin dəqiqliyi 2-5 ppm arasındadır.

EPA 8100 üsulu poliaromatik karbohidrogenlərin təyini üçün istifadə olunur, müəyyənləşdirmənin dəqiqliyi 1 ppm-dir.

EPA 8020 üsulu uçucu poliaromatik karbohidrogenləri, məsələn, benzolu, toliolu, etilbenzolu, ksilolu təyin etməyə imkan verir. Müəyyənləşdirmənin dəqiqliyi 0,1-1 ppm arasındadır.

Karbon zəncirlərinin identifikasiyası neft sənayesində istifadə edilən distillyasiya prosesinə uyğundur. Bu üsul karbon zəncirləri C₆-C₇, C₈-C₉...C₂₆ həddinə qədər sayının təyininə imkan verir. Müəyyənləşdirmənin dəqiqliyi 0,5 ppm arasındadır. Bu analizin aparılması bioremediasiya prosesində karbohidrogenlərin deqradasiyasının öyrənilməsi üçün çox səmərəlidir.

Karbohidrogenlərin ümumi miqdarını təyin etmək məqsədilə LUFT üsulu və ya modifikasiya olunmuş 8015 üsulu 418,1 testi ilə birlikdə, başqa bir analiz üsuludur. Bu analiz yanacaq karbohidrogenləri ilə çirklənmiş sahələr və yeraltı anbarlar üçün çox vacibdir. EPA 8015 üsulunun dəqiqliyi 1 ppm-lə məhdudlaşır.

Analizləri aparmamışdan əvvəl iki standartlardan birini müəyyənləşdirmək gərəkdir: ya uçucu üzvi maddələr üçün qazolinstandartı, ya da yarımucucu maddələr üçün dizel standartı. Sahənin sonuncu istifadəsinin istiqaməti haqqında məlumat əldə etmək üçün karbon zəncirlərinin sayı haqqında ilk analizlərin nəticələrindən asılı olaraq iki stan-

dartlardan birinin seçimi haqqında qərar çıxartmaq olar. Təlimatın xüsusiyyəti bu cürdür:

Qazolin standartından istifadə edən modifikasiya edilmiş EPA 8015 üsulu, ya da dizel standartından istifadə edən modifikasiya edilmiş EPA 8015 üsulu.

Torpağın xüsusiyyətlərinin müəyyənləşdirilməsi.

Bioremediasiya üsulunun müsbət nəticələnməsi üçün torpağın xüsusiyyətlərinin çox vacib əhəmiyyəti vardır. Süxurları səciyyələndirmək məqsədilə aşağıda göstərilən analizlər aparılmalıdır:

Torpaqda qidalı maddələrin mövcudluğunun təyini.

Süxurların analizi.

Nitratlar, pH, ammoniyak, sututumu, fosfor, qranulometrik tərkib (qum/gil/lil), sidik cövhəri (biuret üsulu), azot (Kyeldal üsulu), ümumi karbon.

3.7. Mikroorqanizmlərdə karbohidrogenlərin minerallaşma əmsalının təyini

Minerallaşma əmsalı (U) aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$U = B \cdot C : M$$

burada, B- torpaqda karbon qazının müəyyən dövrdə əmələ gəlməsinin sürəti;

C- karbohidrogeni parçalayan mikroorqanizmlərin miqdarı;

M- mikroorqanizmlərin ümumi miqdarı.

Düstura uyğun olaraq, minerallaşmanın sürəti, yəni neft maddələrinin tam parçalanması, nefti parçalayan mikroorqanizmlərin sayı və karbon qazının əmələ gəlmə sürəti ilə bilavasitə mütənəsidir. Torpağın mikrob kompleksi tərkibində nefti parçalayan mikroorqanizmlərin hissəsi nə qədər artıq olarsa, o qədər karbohidrogenlərin parçalanma

sürəti artıqdır, və nə qədər karbon qazının əmələ gəlməsi çoxdursa, o qədər torpaqda onun mezafauna və florası üçün toksik olan oksidləşmə aralıq məhsulları da az toplanır.

3.8. Torpaqda (fermentasiya layında) olan mikroorqanizmlərin sayının və biokütləsinin, biokimyəvi göstəricisinin və biogen maddələrinin verilməsinin təyini

Bioremediasiya prosesində torpağa verilən biogen elementlərinin hesablanması torpağın profilində mikroorqanizmlərin miqdarı və biokütləsinin göstəriciləri əsasında aparmaq mümkündür. 1qr torpaqda mikroorqanizmlərin hesablanması onların torpağın profilində və ya fermentasiya layında kəmiyyətlə paylaşdırmasını tam şəkildə səciyyələndirmir. Buna görə də hesablamayı torpağın bütün profili üzrə aparmaq lazımdır. Bu zaman mikroorqanizmlərin sayı sahənin səthinin bir vahidinə görə hesablanır. Çirklənmiş torpağa mikrob biopdərmanları və ya biogen elementləri vermək üçün bioremediasiya prosesində iştirak edən genetik horizontlarda olan mikroorqanizmlərin miqdarın nəzərə alınmalı və bir hektara, ya da 1sm^2 -a tonla hesablanması aparılmalıdır.

Torpağın hər hansı layında və genetik horizontunda mikroorqanizmlərin miqdarının hesablanması (sm^2 -da) bu düsturla aparılır: $M=abd$, burada M - təyin edilən horizontda mikroorqanizmlərin miqdarı, bu horizontun səthinin 1sm^2 -in hesabı; a -1 q torpaqda mikroorqanizmlərin miqdarı; b -genetik horizontun ya da torpaq layının qalınlığı (sm -də); d - torpağın həcm çəkisi, yəni, strukturu pozulmuş torpaq kütləsinin xüsusi çəkisi.

Misal: Təyin olunmuşdur ki, torpağın 0-22 sm horizontunda mikroorqanizmlərin miqdarı 1170 mln/1q torpaqda, torpağın xüsusi çəkisi 1,30 q/ sm^2 . $M=1170 \times 22 \times 1,30=33,46$ mlrd/səthin 1 sm^2 -də.

Sonra müxtəlif horizontlara görə hesablanmış mikroorqanizmlərin sayını cəmləşdirmək lazımdır:

$$M_{\text{ümumi}} = Ma + Mb + Mv,$$

burada, Ma, Mb, Mv torpaq horizontlarında, ya da fermentasiya laylarında hesablanmış mikroorqanizmlərin miqdarına bərabərdirlər.

Birbaşa mikroskopda təyin edilmiş alınan nəticələrin əsasında torpağın 1q-na ya da 1 hektarına düşən bakteriyaların, aktinomitsetlərin, göbələklərin kütləsi hesablanır. Axırncı halda, mikroorqanizmlərin torpağın müxtəlif horizontlarında sayı haqqında məlumatlar olmalıdır. Birbaşa mikroskopiya kasa üsuluna görə, mikroorqanizmlərin torpaqda sayı haqqında daha dolğun məlumatı almaq olar. Mikroskopiya üsulu ət-pepton aqara əkilməsinə nisbətən, yüz, min və mindən artıq bakteriyaların sayını hesablamağa imkan verir (Кожевин, 1989). Lüminissent mikroskopiyada alınan bakteriyaların sayı (M) və ət-pepton əkilməsilə alınan bakteriyaların sayı (P) arasında nisbət ($K = M/P$) torpağın yuxarı horizontları üçün 200-500 təşkil edir. Baxmayaraq ki, bu üsulların istifadəsi zamanı iki göstəricilərin arasında bir mənalı əlaqə yoxdur, 1q torpaqda mikroorqanizmlərin sayını təyin etmək üçün kasa üsulundan istifadə etdikdə, mikroorqanizmlərin biokütləsini təyin etmək məqsədilə əmsalın orta göstəricisindən $K = 250-300$ istifadə etmək labüddür.

Mikroorqanizmlərin biokütləsini təyin edərkən bu şərtləri nəzərə alırlar. Torpaq bakteriyalarının orta ölçüsü $0,1 \text{ mkm}^3$ -a, aktinomisetlərin ölçüsü $0,5 \text{ mkm}^3$ -dir, göbələklərin qıfların orta ölçüsü isə 4 mkm^3 -dir, bu mikroorqanizmlərin xüsusi çəkisi isə (sıxlığı) $1,1 \text{ q/sm}^3$ -dir. Təbii şəraitdə bir hüceyrənin çəkisi orta hesabla $10^{-13} \text{ q} = 0,1 \text{ pq}$ -dır. Tərkibində 80% su olan diri biokütləni və diri biokütlənin $1/5$ hissəsini təşkil edən quru biokütləni təyin edirlər. Belə-

liklə, quru maddəyə görə hesablanarkən bir hüceyrənin kütləsi 0,02 pq ($2 \cdot 10^{-14}q$) təşkil edir.

Misal: Təyin olunub ki, torpağın 1 sm²-də mikroorqanizmlərin miqdarı $64,84 \cdot 10^9$ -a bərabərdir. Onda səthin 1 sm²-də mikroorqanizmlərin kütləsi bərabərdir: $2 \cdot 10^{-14} \times 64,84 \cdot 10^9 = 1,297 \cdot 10^{-3}q$, yəni 12,968 q/m²-də, orta hesabla 130 kq/ha-da. Beləliklə, torpaqda bakteriyaların biokütləsinin cəm göstəricisi 1 hektarda 130 kq-dır.

Şərti qəbul edək ki, torpaqda olan mikroorqanizmlərin biokütləsinin 100%-i neft karbohidrogenlərin parçalanmasında iştirak edirlər, onda il ərzində karbohidrogenlərin parçalanmasının miqdarını (orta hesabla) təyin etmək mümkündür. Bu məqsədlə, saxlanma üçün sərf edilməni nəzərə alaraq mikrobların artımının düsturunu istifadə etmək olar:

$$\frac{dX}{dt} + aX = y \frac{dS}{dt}$$

burada X- biokütlədir, t- vaxtdır, S-resursdur, a-saxlanmanın göstəricisidir, u-iqtisadi əmsaldır.

Şərti qəbul edək ki, X=200 kq/ha-dır, onda torpaqda karbohidrogenlərin resursu bərabərdir: S=20 t/ha (çirklənmənin dərəcəsi 0-20 sm torpaq üçün orta hesabla 1% təşkil edir). Biokütlənin saxlanılması üçün lazım olan karbohidrogenlərin miqdarı təyin olunur. Artım olmadığı halda ($dX/dt=0$), bu da $dS/dt=aX/u$.

Deməli, il boyu (8760 saat) 1kq mikrob biokütləni saxlamaq üçün orta hesabla 25,03 kq karbohidrogendən istifadə olunmalıdır. Nəzərə alsaq ki, X=200 kq/hektara bərabərdir, bu biokütlənin il ərzində saxlanılması üçün 5000 kq karbohidrogen lazımdır. Bundan sonra biokütlənin artımını təmin edən karbohidrogenlərin qalıq resursu təyin edilir:

$$S=20000 \text{ kq/he} - 5000 \text{ kq/he} = 15000 \text{ kq/he}$$

S-in göstəricilərindən asılı olaraq generasiyanın (R) sayı təyin edilir: $(u/S + XR) = XR$

Nəticədə alırıq ki:

$$R = \frac{yS}{X(t - y)} = 40$$

yəni, optimal şəraitdə bioremediasiya prosesində bir il ərzində bakteriyaların 40 generasiyası, orta hesabla ayda 3-4 generasiyası ehtimalı ola bilər.

Verilən biogen elementlərin təxmini hesablanması üçün, empirik anerob biokütlə üçün brutto-düsturundan istifadə etmək olar: $C_5H_9O_3N$, yəni molyar nisbət C:N=5:1-dirsə, onda demək olar ki, kütlə ilə münasibətə təqribi bərabərdir. N:P=5:1 nisbətindən eyni zamanda anerob kütləsi üçün istifadə etmək olar. Beləliklə, biogen elementlərin – azotun və fosforun nisbəti hesablanı bilər və biokütlənin artımının orta göstəricinin əmsalı qiymətləndirilə bilər. Nəzərə alsaq ki, adətən, N:P nisbəti 5:1-ə qəbul olunur, empirik brutto-düsturundan C:N:P kütlə nisbətini ala bilərik. Əgər, maye parafinlərinin konversiya əmsalını şərti olaraq xam neft üçün də tam qəbul etsək, görərik ki, fermentasiya tarlasında biokütlənin artımı üçün C:N:P arasında olan nisbətin orta hesabla 18-20:5:1 kimi olar. Beləliklə, fermentasiya tarlasında mövcud olan neft karbohidrogenlərin miqdarı, ilkin kütlənin və bioremediasiya prosesi müddətində oksidləşmənin yüksək həcmli xüsusi sürətini təmin etmək məqsədilə, lazımlı biokütlənin son miqdarı məlum olduqda, biokütlənin artımı üçün lazım olan biogen elementlərin – azotun və fosforun miqdarını hesablamaq olar.

Mikroorqanizmlərin biokütləsi və generasiyalarının sayı haqqında məlumat olduqda və stexiometrik nisbətə riayət etdikdə azotun və fosforun dəqiq dozalara bölünməsi tam şəkildə təmin oluna bilər. Məsələn, bakteriya hüceyrə-

sinin kimyəvi tərkibinə görə 1 t biokütlənin (yaş çəkiddə) əmələ gəlməsi üçün torpağa (fermentasiya layına) 15-30 kq azot və 6-8 kq fosfor əlavə etmək lazımdır.

3.9. Suvarma normasının təyini və torpağın nəmliyinin saxlanması

Nəmliyin qıtlığı - torpağın çöl su tutumundakı nəmliyi ehtiyatı və təyin edilən müddətdə suyun miqdarı arasında olan fərqdır. Rasional suvarma norması emal edilən torpağın müəyyən layını (fermentasiya layını), məsələn, 25-40 sm horizontun aşağı horizontlara suyun axımı olmamağı şərtlə nəmləndirilməlidir.

Rasional suvarma norması bu düsturla təyin edilir:

$$M=P-m+K$$

Burada, P-hesaba alınan torpaq layının (ya da fermentasiya layının) çöl su tutumudur; m- torpağın 0 layında suvarmadan əvvəl nəmlik ehtiyatıdır, K- suvarma zamanı buxarlanan suyun miqdarı.

Abşeronun boz-qonur torpaqlarının çöl su tutumu torpağın 0-40 sm-də 3000-3500 m³/hektara bərabərdir, orta hesabla isə 27,6-31,9% qədərdir (çəki) və ya 38,4-40,5%-dir (həcmli).

Bir qayda olaraq, biotəmizləmə işləri apardıqda, torpağın optimal nəmliyi tam çöl tutumunun orta hesabla 40-50% dərəcəsində saxlanılmalıdır. Suvarma normasının artırılması və ya azaldılması torpağa mənfi təsir göstərir. Suvarmanı apararkən buxarlanan suyun miqdarını azaltmaq məqsədilə yay aylarında suvarmanı səhər və axşam saatlarında aparmaq lazımdır.

Emal edilən torpağın (fermentasiya layının) xırda kəsikli olması ən yaxşı hava rejimini təmin edir. Amma, suvarmadan sonra torpaq məsələlərindən hava çıxardıla bilər və bunun nəticəsində qaz mübadiləsi pozula bilər. Əgər, torpağın strukturu davamlı deyilsə (az humuslu, şoranlı

torpaqlar), emaldan sonra qaydasınca olan quruluş yağış-dan və ya suvarmadan sonra pozula bilər, torpaq tez şişir, sıxlaşır, qabıq əmələ gəlir, qaz mübadiləsi kəskin sürətdə pozulur. Bu hallarda, karbohidrogenləri mənimsəyən mikroorqanizmlərin aktivliyi azalaraq, bioloji sistemin stabil fəaliyyətinin pozulması ilə nəticələnə bilər. Torpağın (fermentasiya layının) yararlı quruluşlu xırda kəsikli strukturlu layını yaratmaqla aqrotexniki tədbirlər hava mübadiləsinin yaxşılaşdırılmasını təmin edir. Bu tədbirlərə ilk növbədə torpaqda (fermentasiya layında) qabıq əmələ gələndə, şum layları və ya şumaltı horizontları sıxlaşdırıcı kultivatorların və başqa yumşaldıcı avadınlıqların köməyi ilə üst və dərin horizontlarını yumşaltmaqla yüksək səviyyədə bəcərlənməsi aiddir.

3.10. Bioremediasiya və neftlə çirklənmiş torpaqların meliorasiyası

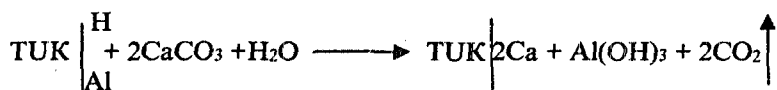
H^+ və OH^- ionları bütün ionlardan daha mütəhərrikdirlər, buna görə, onların miqdarı dəyişdikdə, bu mikroorqanizmlərə böyük təsir göstərir. Mikroorqanizmlərin əksəriyyəti mühitin pH-ı neytral olduqda, yəni H^+ və OH^- ionlarının miqdarı təqribən bərabər olanda daha yaxşı fəaliyyət göstərir. Torpaqdakı nefti parçalayan mikroorqanizmlər və torpağa əlavə olunan bioloji dərmanlar üçün torpaqdakı mübadilə yolu ilə müəyyən olunan pH çox əhəmiyyət kəsb edir. Buna görə, neftlə çirklənmiş torpaqlarda bioloji təmizləmə tədbirlərini gördükdə, torpağın pH-ı optimallaşdırılması çox vacibdir. Torpaq məhlulunun, su və ya qələvi cövhərinin pH-dan asılı olaraq turşuluğunun və qələvililiyinin aşağıdakı dərəcələrini ayırd edirlər (cə.d.13).

Cədvəl 13. Torpaqların turşuluğunun və qələviliyinin dərəcələri

pH	Turşuluğun və ya qələviliyin dərəcələri	Torpaqlar
<4,5	Bərk turşulu	Bataqlıqlı, bataqlıqlı-podzol, podzol, qırmızı torpaq, tropik
4,6-5,0	Turşulu	Podzol, çimli-podzol, qırmızı torpaq, tropik
5,1-5,5	Zəif turşulu	Eyni
5,6-6,0	Neytrala yaxın	Mədəniləşdirilmiş çimli-podzol və qırmızı, boz-meşə
6,1-7,1	Neytral	Boz-meşə, qara
7,2-7,5	Zəif qələvi	Cənub qara, şabalıdı, şorakət əla-mətli boz torpaqlar
7,6-8,5	Qələvi	Şoranlar, şorakətlər
>8,5	Bərk qələvili	Sodali şorakətlər, şoranlar

Torpaqların bioremediasiyasının texniki layihəsini tərtib etdikdə torpağın fiziki xassələrinin yaxşılaşdırılması vacib şərt kimi nəzərə alınmalıdır. Lazım olduqda, kimyəvi meliorasiya işləri aparılmalıdır - turşulu torpaqların əhəng-lənməsi, qələvi torpaqların isə gipslənməsi və turşulanmasıdır.

Turşulu torpaqların kimyəvi meliorasiyası əhəngin və-rilməsilə aparılır. Əhəngin dozasını hidrolitik turşuluq ilə hesablayırlar, yəni əhəngin dozası torpağa hopdurulmuş hidrogeni və aliminiumu tam neytrallaşdırılmalıdır:



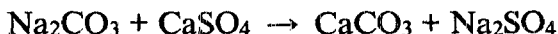
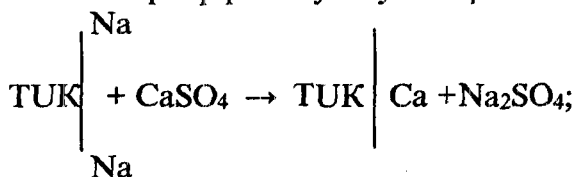
burada TUK – torpaq uducu kompleksidir.

14-cü cədvəldə göstərilən duzlu cövhərin pH-dan asılılığını torpağa verilən əhəngin miqdarını təyin etməklə mümkündür.

Cədvəl.14. Torpağın mexaniki xassələrindən və pH-dan asılı olaraq əhəngin miqdarı

Mexaniki tərkib	Duz cövhərin pH-ı					
	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4-5,5
Qumlu	2,5	2,1	1,6	1,3	1,0	0,7-0,5
Qumlu torpaq	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,2-1,0
Yüngül gilli qarışıq	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Orta gilli qarışıq	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Ağır gilli qarışıq	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5
Gilli	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5

Qələvili şoranlaşmış torpaqlar üçün kimyəvi meliorantları müəyyənləşdirərkən müxtəlif cür yanaşmalardan istifadə olunur. Onlardan biri ehtimal edir ki, meliorantın miqdarı torpaqda hopdurulmuş Na^+ və Ca^{+} -ni tam əvəz etməli və qalıq qələviliyi neytrallaşdırılmalıdır:



Əmələ gələn həll olunan natrium duzlarını yumaqla torpaqdan yox edirlər.

3.11. Torpağın fitotoksikliyiinin təyini

Bioremediasiya işləri gördükdə torpağın fitotoksikliyiinin təyin edilməsi, təmizləmə prosesinin tamamlanmasının müəyyənləşdirilməsi və remediasiya üsullarının səmərəli olmasının qiymətləndirilməsi üçün çox vacib bir test nümunəsidir. Torpağın fitotoksikliyi-adi bitkilərin boy atmasını və inkişafını sarsıtmaq xüsusiyyəti-torpağın karbohidrogenlərlə, ksenobiotiklərlə, pestisidlərlə və başqa kimyəvi toksikantlarla çirklənməsinin əlamətidir. Torpaqların fitotoksikliyiinin təyini torpağın ekoloji vəziyyətinin integral əks etdirən tez və etibarlı bir testdir.

Bioremediasiya işləri başa çatdıqda, torpağın fitotoksikliyiini iki üsulla təyin etmək mümkündür – Qrodzinski üsulu (qırmızı turpun cücərmə sürətinə görə) və çasa üsulu ilə.

Qrodzinski üsulu ilə (1991) fitotoksiklik çirkləndiriciyə həssas olan turp (qırmızı turp ağ ucu ilə) toxumlarını torpağın su cövhərində cücərməsiylə təyin olunur. Bu məqsədlə, torpağın nümunəsi götürülərək ondan su cövhəri hazırlanır. Torpağın suya qarşı nisbəti 1:1-1:1,5-dir (distillə suyu). Alınan su cövhəri süzülüb ayrılır, filtrasiya olunur (əgər torpaq çox su tutumludursa, onu sentrifüqadan keçirirlər) və təxirə salmadan bioloji aktivliyi təyin edilir. Yoxlama toxumları su cövhərində isladılmış filtr kağızına düzülməklə aparılır. Nəzarət kimi, su cövhəri əvəzinə adi distillə suyundan istifadə edirlər. Toxumların cücərmə müddəti 12-14 saatdır. Nəzərə alsaq ki, kumarinin qatılığı 1364 mq/l-də olduqda, toxumların cücərməsini 100% sarsıdılır (100% toksiklik), 5 mq/l qatılığında isə heç bir mənfi təsir göstərmir (toksikliyin olmaması), fitotoksikliyi müəyyən etmək məqsədilə şərti kumarin vahidlərinin (ŞKV) şkalasından istifadə edirlər.

Fitotoksikliyin qiymətləndirilməsini şərti hesablanmış vahidlərin (ŞHV) köməyi ilə də təyin etmək mümkündür.

Bu halda, fitotoksiklik (A) bu düsturla hesablanır: $A=100/H-1$, burada H-cücərmədir. Ləngimə olmadıqda $H=100\%$ -dir, $A=100/100-1=0$. Tam ləngimə olduqda, $H=0\%$, $A=100/0-1=\infty$. Mötədil ləngimə olduqda, H-in miqdarı 0 və 100 arasında dəyişir və aktivliyin göstəriciləri müəyyən qiymətlər alacaq. Rahat oxunması üçün şərti rəqəmləri (A) 100 dəfə artırmaqla şərti hesablanmış rəqəmlər alınır ki, onlar da kəmiyyət qəbildən şərti kumarin vahidlərinə yaxındırlar.

Kasa üsulu. Həcmi 100 ml-dən az olmayan şüşədə, minalanmış ya polietilen qabda (stəkan, butulka, kolba) tədqiq olunan torpağın suspenziyası hazırlanır. Bu məqsədlə, 10 q torpaq 50 ml distillə suyu ilə qarışdırılır, alınmış qarışıq yaxşı çalxalanır. Suspenziya Petri kasasına ya da nəlbəkiyə elə tökülür ki, onun dibinin 3-5 mm-i örtülsün. Suspenziya filtri kağız ilə iki qat ya da pambıq parça ilə örtülür. Onların üzərinə vəzərinin toxumları bərabər (ya da başqa bitkilərin) düzülür. Petri kasası və nəlbəki müəyyən qapaq ilə örtülür və $20-25^{\circ}\text{C}$ -də (daha yaxşı termostatda) 3-4 gün saxlanılır. Bütün bu əməliyyatlar eyni zamanda nəzarət olunan (etalon) torpaqda aparılır. Etalon torpaq kimi çirklənmiş ərazidən uzaq olan sahədən eyni tip torpaq nümunələrindən istifadə oluna bilər. Adi nəzarət üçün torpaq suspenziyanın əvəzinə yalnız distillə olunmuş sudan istifadə oluna bilər. Toxumların 3-4 gün inkubasiyasından sonra nəzarət və təcrübə qablarında cücərən toxumların sayını təyin edərək, təcrübə qablarında nəzarət qablarına nisbətən, toxumların cücərmə qabiliyyətinin azalmasının faizi hesablanmalıdır. 10% fərq hesaba alınmır və bununla torpaq ekoloji təmiz sayıla bilər. Təcrübə qablarda cücərən toxumların miqdarı nəzarət qablarındakına nisbətən fərq 10-30% olduqda, bu torpağın zəif toksik olduğunu göstərir. Fərq 30-50% olduqda torpağın orta toksik olduğunu göstərir, fərq 50%-dən artıq olduqda isə torpağın yüksək, yolverilməyən toksik olduğunu sübut edir. Daha etibarlı nəticələ-

ri almaq məqsədilə təcrübəni eyni şəraitdə 3-4 gün uzadaraq təcrübəvi və nəzarət qablarında cücərən toxumların orta uzunluğunu ölçmək olar. Təcrübə qablarında cücərən toxumların nəzarət qablarında cücərən toxumlara nisbətən uzunluğunu, azalmasını eyni şkala ilə qiymətləndirmək olar.

3.12. Biotəmizləmənin riyazi modelləşməsi

Riyazi modelləşmənin köməyi ilə müəyyən vaxtda torpaqda nefti oksidləşdirən bakteriyaların miqdarını, bakteriyaların müəyyən müddətdə torpaqda paylanmasını, torpaq qatından yuyulan neft maddəsinin miqdarını, torpağın dərinliyindən asılı olaraq sərbəst neft məhsulun miqdarının dəişməsini, onun torpaqda şaquli aparılmasını və s. inteqral vahidləri ilə hesablamaq olar. İlk şərtlər neft məhsulunun, emulsiya olunmuş neft məhsullarının və bakteriyaların paylanmasıdır. Hesablamaq üçün lazım olan sabit kəmiyyətlər laboratoriya model tədqiqatların nəticələrində təyin edilə bilər.

Bakteriyalar, mikrob hüceyrələrinin inkişafı, ölümü və süzülən suyun şaquli aparılması nəticəsində gedən yuyulma proseslərində iştirak edirlər.

Mikrob populyasiyaların dinamikasını təsvir etmək üçün hüceyrələrin ölümünü nəzərə almaqla Mono düsturundan istifadə olunur:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\mu \cdot G}{G + K_s} \cdot M - \lambda \cdot M \quad (1)$$

burada M -bakteriyaların miqdarı; μ_m -bakteriyaların inkişafının maksimal sürəti; G -substratın miqdarı (neft məhsulu); K_s -substratın mikroorqanizmlərə yaxınlığının sabit əmsalı; λ - hüceyrələrin ölümünün sürətidir.

Aşağıdakı düstur torpaqda bakteriyaların tam miqdarını ifadə edir:

$$M = M_s + M_w \cdot \frac{n}{\rho} \quad (2)$$

burada ρ – torpağın sıxlığı; M_s – torpaq matrissində bağlanmış bakteriyaların miqdarı; M_w – torpaq suyunda mövcud olan bakteriyaların miqdarı; n – məsaməliklikdir.

Torpaq matrissində bağlanmış bakteriyaların sayı torpaq suyundakı bakteriyaların sayından olan asılılığı adsorbsiya düsturu ilə ifadə olunur:

$$M_s = M_w \cdot K_a^m \quad (3)$$

burada K_a^m – bakteriyaların adsorbsiya əmsəlidir.

Suda olan bakteriyaların sayını təsvir edən düstur belədir:

$$M_w = \frac{M}{n_E^m} \cdot \rho \quad (4)$$

burada $n_E^m = K_a^m \cdot \rho + n$; n_E^m – məsaməlilik səmərəliliyi.

Bakteriyaların inkişafı, ölümü və daşınmasının son düsturu belədir:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\mu \cdot G}{G + K_s} \cdot M - \lambda \cdot M - \frac{V}{n_E^m} \cdot \frac{dM}{dx} \quad (5)$$

Sərbəst neft məhsulunun azalması bakteriyalar tərəfindən mənimsənilməsi və emulsiya olunmuş formada yuyulması nəticəsində müşahidə olunur. Karbohidrogenlərin bioloji yolla parçalanması Mono düsturu ilə ifadə edilə bilər, yuyulması isə konvektiv daşınma düsturu ilə ifadə olu-

nur. Bu düsturların kombinasiyası neft məhsulunun tam azalmasını göstərir:

$$\frac{dG}{dt} = -\frac{1}{q} \cdot \frac{\mu_m \cdot G}{K_s + G} \cdot M - \frac{V \cdot n}{\rho} \cdot \frac{dC}{dx} \quad (6)$$

burada q - əmələ gələn hüceyrələrin miqdarının mənimsənilən substratla uyğunlaşdırın mütənasiblik əmsalıdır; C - torpaq suyunda olan emulsiya olunmuş neft məhsulunun miqdarıdır.

FƏSİL 4

Bioremediasiya prosesində ətraf mühitin ekoloji monitorinqinin əsas istiqamətləri.

4.1. Ümumi monitorinq çərçivəsində torpağın mikrobioloji monitorinqi

Monitorinqin klassifikasiya strukturu çox mürəkkəbdir. Bu sistemi təşkil edən yarım sistemlərdən biri landşaftların müxtəlif elementlərinə antropogen təsirə cavab olaraq təbii ekosistemin varlığı üçün ən vacib olan, bu təsirə qarşı ən həssas və ya təsərrüfat nöqtəyi nəzərindən vacib olan reaksiyaların öyrənilməsidir. Bu səbəbdən adətən, ən çox təsadüfi hallarda geobotaniki, zooloji, geoloji, hidroloji və başqa növ monitorinqlər aparırlar və təhlükəli şəraitlər formalaşan hallarda proqnozlar verilir. Buna baxmayaraq, mikrob monitorinqinin komponentini də başqa komponentlər kimi monitorinqin prioritet obyektlərinin və ətraf mühitin nəinki, dəniz ekosistemlərinin və eyni zamanda, quruda da olan dəyişmələrinin (öz-özünü təmizləmə) proqnozlarından biri kimi qiymətləndirmək lazımdır.

Mikrob ekosistemi biosenozunun başqa elementlərinə nisbətən üstünlüyü əsasən onun neftlə çirklənmiş hallarda ətraf mühitin qomeostaz şəraitində saxlanması funksiyasına malik olmasıdır, eləcə də ətraf mühitin bioindikasiyası məqsədi ilə mikrob populyasiyalarının səciyyəvi xüsusiyyətlərinin olmasıdır. Xırda ölçülərinə görə mikroorqanizmlər ətraf mühitlə yüksək şərti səthlə fərqlənilirlər və məlum olan Rubnerin qanununa görə hüceyrə və mühitlə qida mübadiləsini tez həyata keçirirlər. Məsələn, məlumdur ki, mikroorqanizmlərin tənəffüsünün intensivliyi (Q_{O_2} , mkm O_2 1 mq quru maddəyə 1 saatda) bakteriyaların inkişafı üçün optimal temperurda 1200-1800-dir, bitkilərin köklərinə və yarpaqlarla müqayisədə cəmi 0,5-4,0-dir, yəni

bu yüz dəfələrlə artıqdır (Шлегель, 1987). İnkişafın və artımın yüksək sürəti bakteriyalara az bir müddətdə, neft karbohidrogenlərini parçalamağa imkan verir və bununla da landşaftın davamlılığını və öz-özünü təmizlənməsini təmin edə bilər (Cədvəl 15).

Cədvəl 15. Landşaftların davamlılığında biosenozun elementlərinin müqayisəli rolu və öz-özünü təmizləmə proseslərində əhəmiyyəti

Biosenozun elementi	Xam neftə qarşı həssaslıq	Neftdən karbohidrogen və enerji mənbəyi kimi istifadəsinn mümkünlüyü	Landşaftların neftdən öz-özünü təmizləmə proseslərində rolu
Mezofauna	Praktiki olaraq tamam sarsındır	Qadir deyillər, orqanizmlərə qarşı toksikdirlər	Qadir deyillər
Fitosenozlar	Bərk sarsındır	Çox zəif, mq/kq biokütləyə	Çox zəif
Mikroorqanizmlər	İnkişafı və artmanı stimullaşdırırlar	mənimsəyirlər, 200-300q/ kq biokütləyə	Həllədic

Monitorinqin üsulları və torpaqların rekultivasiya üsulları elə seçilməlidirlər ki, onlar ekosistemin yalnız bir komponentinə yox, bir-biri ilə sıx əlaqəli olan ətraf mühitin bütün komponentlərinə (hava, su, torpaq) dəyən minimal ziyanə gətirib çıxarsın.

Bütün hallarda, landşaftların dinamikasının proqnozlaşdırılmasını təmin etmək lazımdır ki, landşaftlara mənfi təsirlərin yaranmasının qarşısı alınsın. Bu proqnoz landşaftlarda bir-birləri ilə qarşılıqlı münasibətlərin təhlili əsasında aparılmalıdır. İlk növbədə bu onunla əlaqədardır ki, landşaftın tipindən asılı olaraq xam neftin ətraf mühitə təsirinin xarakteri və proqnozu mülahizələrdə müxtəlif xarakter daşıyacaq.

Ekoloji ekspertizanı, landşaftların hərəkət tərzinin ekoloji proqnozlaşdırmasını apardıqda emerdjent prinsipini nəzərə almaq lazımdır. Bu prinsipə əsasən müəyyən növ *ekosistem*, ona xas olan *ekoloji komponentlərin* müəyyən uyğunluğunda saxlanıla bilər. Ekoloji komponentlərə torpaqla, atmosferlə, avtotrof-produsentlərlə (fitosenozlarla, heterotroflarla (heyvan, mezofauna və b.) yanaşı, redusentlər, yəni mikroorqanizmlər də daxildir. Torpaqların neft maddələri ilə çirklənməsi zamanı məhz, bu orqanizmlər neft maddələrində olan enerjini mənimsəmək və çevirməkdə aparıcı rol oynayır, bu da öz növbəsində torpaqların öz-özünü təmizləməsini və torpaqların davamlılığını təmin edir.

Qəzanın nəticəsində neft tullantılarının yayılması torpaqların bioloji məhsuldarlığının itirilməsinə və qaçılmaz degradasiyanın təhlükə ehtimalını yaradır, bu da çirklənmənin nəticələrinin qiymətləndirilməsi və onun qarşısı alınması məsələlərinin həllini zəruri edir.

Təbiətin qorunması üçün kompleks tədbirləri tərtib etdikdə, torpağın xüsusiyyətlərində mövcud olan dəyişmələrin ya gözlənilən dəyişmələrin xarakterinin və intensivliyinin varlığı haqqında məlumatları bilmək lazımdır. Buna görə torpağın neftlə çirklənməsinə qarşı davamlılığın qiymətləndirilməsi çox aktual bir məsələdir. Bu halda torpağın çirklənməyə qarşı davamlılığını və öz xassələrinin dəyişməsinə qarşı davamlılığını ayırd etmək lazımdır. Ümumi şəkildə, bu məsələni həll etmək imkansızdır. Bu torpağın xüsusiyyətlərini əks etdirən aktiv kəmiyyətlərin qiymət həddudlarının dəyişmələrinə əsaslanmalıdır. Neftlə çirklənmə şəraitində torpağın davamlılığını xarakterizə edən məhz qiymət kəmiyyətləri və yol verilən həddlərdə onlar dəyişməlidir.

Tədqiq üçün bir obyekt kimi götürüldükdə və xam neftlə çirklənmənin nəzarəti zamanı torpaq müəyyən səciyyəvi xüsusiyyətlərə malikdir. Birincisi, torpaq atmosferlə və yerüstü sularla müqayisədə təbii mühitin ən az hərəkətli-

lisidir. Torpaqda karbohidrogenlərin miqrasiyası çox zəif gedir. Buna görə torpaq neftlə yüksək dərəcədə çirklənəndə onlar əsasən daşınan ərazidə torpağın üst qatlarında yığılıb qalırlar. Bundan başqa torpağın kimyəvi tərkibi dəyişərək geokimyəvi mühitin və canlı orqanizmlər arasında olan vahid birliyi poza bilər. Əgər neft maddələri buxarlanma nəticəsində havaya daxil olublarsa, onlar atmosfer havası ilə və ya aerosol şəkilində tozlarla çox sürətlə uzun məsafələrə aparıla bilərlər. Neft çirkləndiricilərinin yayılmasının daha bir yolu onların axar sularla torpaqdan yuyulub aparılmasıdır. Buna baxmayaraq, müşahidələr nəticəsində təcrübələr göstərmişdir ki, bu daşınma mexanizmləri torpağın neftlə çirklənməsində aparıcı rol oynayırlar. Torpaqda neftin miqrasiyasının sürəti zəif olduğundan bir neçə il ərzində torpaqda neft məhsullarının toplanması müşahidə oluna bilər (bunun nəticəsində on illər ərzində Abşeron yarımadasında min hektarlarla torpaq yüksək dərəcədə çirklənmişdir). O biri tərəfdən, torpaqda fiziki-kimyəvi amillərin təsiri və əsasən, mikroorqanizmlərin fəaliyyəti nəticəsində neft karbohidrogenlərinin parçalanması mövcuddur. Bir neçə hallarda isə – torpağın neftlə çirklənməsinin dərəcəsi az olduqda- neftin daxil olması və parçalanması arasında tarazlıq yarana bilər.

Bütün bu sadalanan amillər onu göstərir ki, eyni rayonda neftin torpaqda olan miqdarının dəyişmələrinin keçici amplitudaları yerüstü sulara və atmosfərə nisbətən, bir neçə dəfə azdır. Torpaqlarda çirklənmənin dərəcəsinin dəyişmə amplitudasını üzə çıxartmaq bir qədər çətindir, ona görə ki, uzun müşahidələr tələb olunur.

Neftlə çirklənmiş torpaqların vəziyyətinin monitorinqi kompleks məsələlərin həll edilməsini tələb edir, bunlardan çirklənmənin fiziki dərəcəsinə, gələcək çirklənmənin proqnozlaşdırılmasını, əldə olan və bu çirklənmənin proqnozistik nəticələrinin qiymətləndirilməsi məsələlərini göstərmək olar. Qeyd olunan üç məsələlərdən birincisi tam həll olunur, daha

az üçüncü məsələnin təyin olunmasının yolları tədqiq olunmamışdır. Torpaqlara qalınca, antropogen təsirin normalativlərinin həll edilməsi əsasını təşkil edə bilən kriteriyalar müəyyənləşdirilməmişdir. Hələlik, torpaqların çirklənməsinin təhlükəsizliyinin dərəcəsinin qiymətləndirilməsi çirklənmə dərəcəsinin mövcud olan sanitar-gigiyenik normalarla (İVH) müqayisədə aparılır. Məlumdur ki, İVH-in tərtibi dörd təhlükəli göstəricilərin əsasında aparılır: translokasiya, suda miqrasiyası, hava və ümumi sanitariya. Bu halda məhz torpağın xassələrinin və torpaq əmələgəlmə proseslərinin dəyişmələri qeydə alınmır. Eyni zamanda, güclü antropogen təsirə məruz olan rayonlarda, məsələn, Abşeron yarımadasında, torpaqların qarşısıalınmayan degradasiyası, suyu fiziki, kimyəvi və bioloji xassələrinin dəyişməsi, humusun azalması, onun fraksiya tərkibinin dəyişməsi müşahidə olunur, bu da öz növbəsində, texnogen səhraların əmələgəlməsiylə nəticələnir. Buna görə, torpağın müxtəlif növləri üçün mövcud olan çirkləndiricinin təhlükəli ehtimalının qiymətləndirilməsi imkansızdır, xüsusi ilə də onun gələcək üçün proqnozlaşdırılması şəraitində.

Landşaftın bir elementi kimi torpağın vəziyyəti aşağıdakılarla müəyyən olunur:

- fiziki-kimyəvi ölçülərlə – onlar mühitin ani vəziyyətini və zamana görə orta vəziyyətini xarakterizə edirlər;
- bioloji xassələrlə – bu biotanı təsvir edən struktur və funksional kəmiyyətlərin yığılmasıdır.

Torpağın vəziyyətini qiymətləndirmək məqsədilə, özündə həm kimyəvi (Орлов, Воробьева, 1982), həm bioloji əlamətləri əks etdirən göstəricilər sistemindən istifadə edilə bilər. Torpaq- özündə biosenotik komponentləri və abiotik komponentləri və öz növbəsində yerində birinci və ikincinin arasında mövcud olanın əzəmətli sayda əlaqəni-əksetdirən mürəkkəb bir ekoloji sistemdir. Əlavə olaraq bioloji göstə-

ricilər daha həssas və operativ qiymətlərə malik olduqlarını nəzərə alaraq, onların abiotik amillərinin təhlükəli dərəcəsinə çatmamışdan əvvəl mühitin dəqiq qiymətləndirməsindən istifadə etmək olar. Torpaq və torpağın komponentlərinin vəziyyətini müxtəlif aspektlərdən səciyyələndirən yüzrlə göstəricilər məlumdur, bioloji reaksiyaları tədqiq etdikdə, cavabların sayı praktiki olaraq hədsizdir. Çirkləndirici maddələrin torpağın bioloji aktivliyinə təsir amillərinin nəticələrinin interpretasiyası torpağın daima dəyişməsi ilə çətinliklər yaradır. Təbii şəraitdə neftin təsiri təbii amillərlə arta ya azala bilər, buna görə nəzarətdə olan kəmiyyətin statistik əhəmiyyətli fərqləri heç bir məna kəsb etməyə də bilər. Buna görə texnogeneiz şəraitdə torpağın vəziyyətini qiymətləndirmək məqsədilə məqbul ölçülərin və onların geniş yayılmış variantlarının seçilməsi artıq dərəcədə vacib və aktual bir məsələdir.

Torpağın vəziyyətinin ilk diaqnostikası üçün bioloji göstəricilərin kompleksi faydalıdır. Onların tərkibinə torpaq fermentlərinin aktivliyi, tənəffüsün intensivliyi, müəyyən torpaq makro və mikrofaunanın mövcudluğu və ya olmaması, indikator bitkilərin cücərməsi (cücərmə enerjisi), yəni fitotoksiklik və s. daxildir. Bioloji göstəricilər çirkləndiricinin təsirini çox zaman çirkləndiricinin növündən və mənbəsindən asılı olmayaraq aşkar etməsinə imkan verir və bu cəhətdən də onlar müəyyən universallığa malikdirlər.

Biomonitorinq üçün göstəricilərin seçilməsində əsas meyarlar bunlar ola bilər:

1. Yalnız qomeostatik mexanizmlərə aid olan göstəricilər seçilib ayrılır;
2. Birinci tələbə riayət etdikdə, təsiredici amillərə qeyri səciyyəvi xüsusiyyətlərlə xarakterizə edilən göstəricilərə üstünlük verilir;
3. Bu tələblərə riayət etdikdə, inteqral göstəricilərə üstünlük verilir və ilk növbədə, tez və etibarlı və dəqiq vasitələrlə təyin oluna bilərlər.

Müxtəlif texnogen gərginliyə malik mikroorqanizmlərdə əks etdirmənin tədqiqi təbii mühitin biomonitorinqində mikroorqanizmlərin qeyri səciyyəvi reaksiyalarından (miqdarının, tərkibin, strukturun və mikrob kompleksin aktivliyinin dəyişməsi) istifadə olunmasının perspektivliyini göstərmişdir. Mikroorqanizmlərin cavabı texnogen təsirin elə ilk mərhələsində birinci signal ola bilər və mikrobioloji göstəricilər İVH-in əsaslandırmağının məhdudlaşdırıcı amili ola bilər. Mikrob populyasiyalar bir dəfə olunan texnogen təsirə 5-6 saatdan sonra cavab verirlər (Никитина, 1991), buna əks olaraq eyni texnogen təsirə qarşı bitkilərin reaksiyası yalnız bir neçə dəfəlik təsirə daha uzun müddətdən sonra cavab verə bilirlər (Максимова, 1983). Buna əsaslanaraq, neftlə çirklənmiş torpaqların monitorinqində mikrob populyasiyalarının reaksiyalarının ilk təsirindən bioloji test kimi istifadə etmək mümkündür, hansı ki, bu texnogen təsiri vaxtından əvvəl müəyyən etməyə imkan verir. Torpaq mikrobiotasına antropogen təsirin qiymətləndirilməsini onların təbii variatabelliyyənin həddləri çərçivəsində aparmaq məsləhət görülür, təbii norma kimi onların sayının dəyişməsindən və mikroorqanizmlərin müəyyən müddətdə tərkibinin dəyişməsindən istifadə etmək mümkündür. Əgər, ekosistemin vəziyyətinin neftin təsiri nəticəsində dəyişməsinin olub və ya olmaması haqqında tez məlumat əldə etmək lazımdırsa, bu cür operativ qiymətləndirilməni mövsüm amilini mütləq nəzərə almaqla, qısa diapazonda fluktuasiyaların haqqında aparmaq olar.

Əgər, mikroorqanizmlərin cavabı təbii variatabelliyyənin çərçivəsindən qırağa çıxmırsa, onda neftin təsiri icazə verilən norma çərçivəsindədir. Əgər, mikroorqanizmlərin reaksiyası təbii variatabelliyyənin diapazonunun yuxarı və ya aşağı həddləri xaricindədirsə, neftin torpağa təsiri son dərəcə icazə verilən, kritik və yolverilməz ola bilər.

Torpağın qeyri-üzvi və üzvi tərkibinin arasında olan funksional münasibətlər fermentlərin iştirakilə aparılır, bu da öz yerində torpaq-bioloji proseslərinin intensivliyini və təmayülünü qiymətləndirmək üçün istifadə oluna bilər. Mühüm torpaq proseslərində iştirak edən fermentlər ekosistemdə funksional rol oynayır və onların aktivliyi torpağın xarakteristikasına daxilirlər. Fermentlərin aktivliyi və torpaq münbitliyi arasında olan birbaşa münasibəti ekosistemdə müxtəlif antropogen dəyişmələr zamanı torpaqdakı dəyişmələrin diaqnostikasının tədqiqi üçün onlardan istifadə etməyin mümkünlüyünü bir daha təsdiqləyir.

Torpağın öz-özünü təmizləməsinin kəmiyyətə integral qiymətləndirilməsi üçün minerallaşma əmsalından da istifadə edilə bilər (Исмаилов и др., 2000).

Karbohidrogenlərin təsiri torpağın bioloji aktivliyinin bərpası üçün lazım olan müddətlə 9-cu cədvəldə göstərilən şkala ilə qiymətləndirilə bilər.

Beləliklə, həm çirklənmənin dərəcəsini, həm də torpağın müxtəlif xassələrini və onun çirkləndirici maddələrə qarşı davamlılığını hesaba almaqla çirklənmə şəraitində torpağın vəziyyətinin qiymətləndirilməsini yalnız göstəricilər sistemi əsasında təsvir etmək olar. Torpaq monitorinqinin ümumi sistem göstəriciləri 10-cu cədvəldə verilir. Göstəricilərin sistemi kimyəvi, fiziki, bioloji kəmiyyətlərin və eləcə də torpağın miqrasiyasının, toksik xassələrin və çirklənmə dərəcəsinin məzmununu özündə cəmləşdirir.

4.2. Su sistemlərinin monitorinqi

Hal-hazırda BMT layihəsi çərçivəsində ətraf mühitin monitorinqi global sistemdə təşkil olunub (ƏMMQS), onun da bir hissəsi Kanadada yerləşən suyun problemlərinə həsr olunan proqramı – ƏMMQS (su). ƏMMQS (su) proqramında BMT-nin 4 ixtisaslaşdırılmış təşkilatlar qrupu iştirak edir: ətraf mühit üzrə BMT Proqramı (YUNEP), Ümumdünya səhiyyə təşkilatı (VOZ), Ümumdünya meteoroloji təşkilatı və YUNESKO.

ƏMMQS (su) proqramının əsas məqsədləri bunlardır:

- su mühitində çirkləndirici maddələrin yayılması və trasinformasiyasının monitorinqi;
- su obyektlərinin vəziyyətinin ciddi pozulması haqqında xəbərdar etmə;
- ətraf mühitin saxlanılması, bərpa edilməsi və yaxşılaşdırılması üçün lazım olan tədbirlərin aparılmasının zəruriliyinin hökumətlərə bildirilməsi.

ƏMMQS (su) proqramı 7 əsas bəndlərdən ibarətdir:

- monitorinq stansiyalarının dünya şəbəkəsində yaradılması;
- su nümunələrinin götürülməsinin vahid metodikasının tərtib edilməsi;
- məlumatların dəqiqliyinə nəzarətin aparılması;
- informasiyanın yayılmasının və saxlanmasının müasir sistemindən istifadə edilməsi;
- mütəxəssislərin ixtisaslarının artırılmasının təşkil edilməsi;
- metodik arayış kitabçalarının hazırlanması;
- lazım olan avadanlıqlarla təmin edilməsi (ayrı-ayrı hallarda).

Azərbaycanda neft-qaz sənayesinin inkişafı, neftin hasilatı və onun Dünya Bazarına nəqlinin öz tarixi var. Lakin, neftin hasilatı, neft maddələrinin alınması, istifadəsi Xəzər dənizində və quruda nəql edilməsi geniş ekoloji nəticələrə səbəb olmuşdur. Ətraf mühitə təsirin minimuma endirilməsi vasitələrindən biri də ətraf mühitin monitorinqinin təşkil edilməsidir. Monitorinq sistemi ətraf mühitin qorunması tədbirlərinin səmərəli olmasına nəzarətini, təbii komponentlərin dəyişmələrində əsas tendensiyaların tədqiqini, səbəb-nəticə əlaqələrinin təyin edilməsini və onların faktiki texnogen təsirdən asılı olaraq gələcək vəziyyətinin operativ proqnozlaşdırılmasını və nəticədə mənfi təsirlərin qarşısının alınmasını təmin edə bilər. Buna görə ətraf mühitin vəziyyəti haqqında müşahidə sistemi kimi monitorinq sistemi vacib yer tutur.

Monitorinq, ekosistemlərdə antropogen anomaliyaların müəyyənləşdirilməsinə imkan verir və şəraiti təsvir edən təbii kəmiyyətlər haqqında informasiyaların yığılma sistemi kimi qiymətləndirilir və bu şəraitlərə təsir edən fəaliyyət növlərinin nəzarəti və onların idarə edilmə sisteminin əsas komponenti kimi qəbul olunur. Ekoloji monitorinqin dəqiq və məqsədli strateji proqramı olmalıdır.

Müasir monitorinq bioloji üsulları həm dənizdə, həm də quruda ekoloji vəziyyətlərin qiymətləndirilməsində rolunun artması ilə seçilir. Keçmişdə monitorinq üçün əsasən, kimyəvi-analitik üsullardan istifadə olunurdu. Onlar nə qədər dəyərli və lazımlı olsa da, ekosistemlərdə mövcud olan stresli proseslərin dərəcəsi, xarakteri və mexanizmləri haqqında əsas suallara cavab vermirdirlər. Məsələn, son illərdə suyun keyfiyyətini və quru ekosistemlərin nəzarəti üçün bioloji üsullar aktiv şəkildə tətbiq edilir. Bu üsullar özündə qrupların populyasiyalarının vəziyyətinin qiymətləndirməsini və test orqanizmlərinin mühitdə mövcud olan zərərli maddələrə və stress amillərə qarşı olan reaksiyalarının eksperimental qiymətləndirilməsinə söykənən ekolojitoxsikoloji xarakterli yanaşmaları birləşdirir. Kimyəvi, hid-

robioloji, mikrobioloji və toksikoloji üsulların uyğunlaşdırılması ekoloji monitorinqin imkanlarını genişləndirərək onun informativliyini daha da artırır.

Ümumiyyətlə, kimyəvi və bioloji üsullarla aparılan ekoloji monitorinq müxtəlif növ tullantıların aşınması nəticəsində yaranan təhlükələri azaltmaq məqsədilə texnologiya sahələrində idarəetmə tədbirlərin qəbulunun əsasını təşkil edir.

Dəniz ekosistemi monitorinqinə yerinə yetirilmə prosesinin bir neçə mərhələləri daxil edilir (Методы мониторинга..., 2000). Birinci mərhələdə təsirin mənbəyinə daxil olan təhlükələrin növləri təhlil edilir. İkinci mərhələdə orqanizmlərin, populyasiyaların və qrupların bioloji pozulmasının təhlili məqsədilə su mühitində müşahidələrin aparılmasıdır. Üçüncü mərhələdə - qeyd olunmuş bioloji obyektlərin və təsiredici amillərin arasında olan səbəb-nəticə əlaqələri müəyyən olunur. Dördüncü mərhələdə - su mühitinə və biotaya, o cümlədən, ovluq növlərə və ümumiyyətlə bioresurslara göstərilən ümumi, ortaq təsir qiymətləndirilir. Monitorinqin nəticələrinə əsaslanaraq son mərhələdə tullantıların normativlərini və kriteriyaların düzəltmək məqsədilə qanunverici tədbirlər qəbul olunur.

Beləliklə, ekoloji monitorinq ən əsas su mühitində antropogen dəyişmələrinin müəyyənləşdirilməsinə əsaslanmalıdır. Məhz, monitorinqin strateqiyasında bu cür istiqamət İngiltərə, ABŞ, Kanadada və Avropanın bütün sahilboyu ölkələrində qəbul edilmişdir. Bu cür yanaşma bir neçə səbəbdən tam özünü doğruldur. Onların əsasını su orqanizmlərinin və onların populyasiyalarının reaksiyalarını təyin etmək təşkil edir. Baxmayaraq ki, hal-hazırda suyun keyfiyyəti kimyəvi kateqoriyaya daxil olan tullantıların icazə verilən normalar ilə ifadə olunur, son nəticədə isə onun bütün ekoloji meyarları bioloji əsaslara söykənir.

Ekoloji monitorinq apardıqda əsas diqqət karbohidrogenlərin, ağır metalların, radionuklidlərin, dibi çöküntülə-

rinin, makrozoobentosun, mikrobiologiyanın tədqiqinə yönəldilməlidir.

Dəniz obyektlərinin monitorinqi Xəzər dənizinə uyğun olaraq müvəffəqiyyətlə tərtib olunub və orada onlar hərtərəfli göstərilmişdir (Методы мониторинга..., 2000).

Ərazinin ekoloji monitorinqi ətraf mühitin vəziyyətini, o cümlədən, mühitin çirklənmə faktlarını və çirkləndirici maddələrin ətraf mühitə miqrasiyasını tədqiq edən, bir - birilə sıx əlaqədə olan, müddət və məkanda sinxronlaşdırılmış və uyğunlaşdırılmış kompleks tədbirlərdən ibarət olmalıdır. Kompleks monitorinq sisteminin təşkil edilməsi üçün daimi və mütəmadi müşahidə məntəqələrinin, ətraf mühitə təsirin nəzarət sisteminin yaradılması və təsbiti, məlumat bazasının toplanması və onların təhlili üçün texniki sistemin tərtib edilməsi nəzərdə tutulmalıdır.

Lokal ekoloji monitorinq sisteminin layihələşdirilməsi ilkin çirklənmə dərəcəsinin məlumatlarının müəyyən edilməsinin əsasında aparılmalıdır. Müəyyən olunmalıdır:

- təbii mühitin nəzarət məntəqələrinin sayı və yeri;
- təbii mühitin keyfiyyətlərini təyin edən göstəricilərin siyahısı;
- monitorinq yerlərində aparılan müşahidələrin dövriliyi.

Bütün alınan nəticələr təbiəti qoruyan orqanlarla razılaşdırılmalıdır.

Landşaftın hər bir növü üçün planlaşdırılan texnologiyalardan istifadə etdikdə, mümkün olan təhlükəli çirkləndirici maddələrin fon miqdarı müəyyən edilməlidir və eləcə də təbii mühitin fiziki-kimyəvi kəmiyyətlərin fon göstəriciləri, hansı ki, bu landşaftda təbii resurslarının istehsalında onların dəyişmələri gözlənilir, müəyyən edilməlidir.

Eyni landşafta xas olan oxşar sahələrin çevrəsində maddələrin orta miqdarını və kəmiyyətlərin mahiyyətini və

Cədvəl 16. Mütləq müşahidə proqramında nəzərdə tutulan vahidlərin müəyyən edilməsi

Kəmiyyətlər	Ölçülər
Suyun istehlakı (axınlarda)	m ³ /s
Suyun axınının sürəti (axınlarda)	m/s
Suyun səviyyəsi (nohurlarda)	m
Vizual göstəricilər	–
Temperatur	°C
Parlaqlıq	graduslar
Şəffaflıq	sm
Qoxu	ballar
Oksigen	mq/l
Karbon 2-oksidi	mq/l
Ölçülmüş maddələr	mq/l
Hidrogen göstəricisi (rH)	–
Oksidləyici-bərpaedici potensial (Eh)	mV
Xloridlər (Cl ⁻)	mq/l
Sulfatlar (SO ₄ ²⁻)	mq/l
Hidrokarbonatlar (HCO ₃ ⁻)	mq/l
Kalsium (Ca ²⁺)	mq/l
Maqnezium (Mg ²⁺)	mq/l
Natrium (Na ⁺)	mq/l
Kalium (K ⁺)	mq/l
İonların cəmi (Σ _i)	mq/l
Ammiyaklı azot (NH ₄ ⁺)	mq/l
Nitritli azot (NO ₂ ⁻)	mq/l
Nitratlı azot (NO ₃ ⁻)	mq/l
Mineral fosfor (PO ₄ ³⁻)	mq/l
Dəmir, ümumi	mq/l
Kremni	mq/l
OBT ₅	mq O ₂ /l
OKT	mq O ₂ /l
Neft məhsulları	mq/l
Sintetik üzü-səthi maddələr	mq/l
Fenollar (uçucu)	mq/l
Pestisidlər	mq/l
Ağır metallar	mq/l

onların təbii variasiyasını qiymətləndirmək məqsədilə nümunələrin miqdarı düzgün seçilməlidir.

Yerüstü və yeraltı suların çirklənməsini təyin edərkən, həm yerüstü, həm də yeraltı çöküntülər tədqiq olunmalıdır. Yeraltı suların hidrokimyəvi tədqiqi üçün müşahidə hidroloji quyuların şəbəkəsindən, istehsal olunan suburaxıcı quyulardan istifadə olunur.

Suyun keyfiyyəti haqqında müşahidələr nəzarət məntəqəsinin kateqoriyasından asılı olaraq müəyyən olunmuş növ proqramlar ilə aparılır. Hidrobioloji və hidrokimyəvi göstəricilərə görə aparılan nəzarətin dövrililiyi nəzarət məntəqəsinin kateqoriyasından asılı olaraq müəyyən olunur. Nəzarət proqramının seçimi zamanı su hovuzundan və axınından məqsədli istifadə, buraxılan tullantı sularının tərkibi, informasiya istehlakçılarının tələbləri nəzərə alınmalıdır.

Təbii suların tərkibində olan komponentlər beş əsas qrupa bölünür:

1. *Həll olunan qazlar*- oksigen, azot, karbon qazı, metan, hidrogen sulfidi və s.;
2. *Əsas ionlar (duz komponentlər)* - karbonatın, hidrokarbonatın, xloridlərin, sulfatların anionları; kalsiumun, natriumun, maqniyumun və kalsiumun kationları. Bu kationların və anionların miqdarı yer sularında onlarla və yüzlərlə mq/l-də ifadə olunur. Bu komponentlərin cəmi q/l-də ölçülən suyun mineralaşmasını təyin edir. Şirin suların minerallaşması 0,2-0,5 q/l-də təşkil edir, zəif minerallaşmış sular üçün 0,5-1,0 q/l-də, şortəhər sular üçün 1-3 q/l-dir; bundan sonra şorlaşmış sular gəlir; minerallaşmanın dərəcəsi 50 q/l-dən artıq olan sular daha şor sulara aiddirlər. Kalsiumun və maqniyumun kationlarının mövcud olması cod su adlanan suya cəm xassələrini verir. Bizim ölkədə suyun codluğu mmol ekv./l-də hesablanır: 1 mmol.ekv/l 20,04 mq/l kalsiuma və

ya 12,16 mq/l maqniyuma uyğundur. Başqa ölkələrdə codluq dərəcələrindən istifadə edirlər: Almaniya-da (10 q kalsium oksidi 1 l suda 0,357 mmol.ekv/l-də uyğundur); İngiltərədə (1 q kalsium karbonat 1 qal-londa, yəni 4,546 l suda 0,285 mmol.ekv/l-ə uyğun-dur). Ən az codluq dərəcəsi–Amerikadadır, bu 0,020 mmol.ekv./l-ə uyğundur.

3. *Biogen elementlər* – azot (azotun ammiak, ammoni-um, nitrit, nitrat şəkilində və azotun üzvü maddələ-ri); fosfor (fosfatlar şəkilində və üzvü maddələr şəki-lində), kremni (ortosilakatlar şəkilində), dəmir (Fe^{+3} və Fe^{+2} formalarda). Bu elementlər canlı orqanizm-lərin qidalanmağı və inkişafı üçün lazımdır. Amma, bu maddələrin bir hissəsi yüksək miqdarda olduqda toksik təsir göstərə bilirlər, məsələn, azotun qeyri-üzvi maddələri, xüsusilə ammonium azot olduqda. Balıq-təsərrüfat təyinatlı sularda amiyakın icazə-verilən həddi (İVH) 0,08 mq/l-ə, ammoniumun isə 2 mq/l-ə bərabərdir.
- 4 *Mikroelementlər* – bu metallar qeyri metallardır (brom, yod, bor), onların suda miqdarı mkq/l-in bir neçə onluqlar dairəsindədir. Metalların bir hissəsi - manqan, sink, molibden və kobalt biometallara aid-dirlər. Canlı orqanizmlərdə mövcüd olan mikroele-mentlər biokimyəvi proseslərdə iştirak edirlər və on-larsız canlılar inkişaf edə bilməzlər. Digər mikroele-mentlər – qurğuşun, xrom, civə antropogen çirklən-diricilərdirlər və yüksək toksikliyə malikdirlər. Ağır metallarla çirklənmədən söz getdikdə, elə bu metal-ları nəzərə alırlar. Canlılar üçün ən dəhşətli təhlükəni radionuklidlərin–stronsinin, seziyumun, plutoniumun mikro miqdarları yaradırlar. Bununla belə, bütün bioloji metallar İVH-i ötdükdə, canlı orqanizmlərə qarşı toksik təsir göstərilir. Mikroelementlərin tok-sikliyi onların hansı kimyəvi formalarda mövcüd

olmalarından çox asılıdır. Ən yüksək toksiklik metalüzvi maddələrə, məsələn, dietilcivəyə məxsusdur.

5. *Üzvi maddələr*. Onların tərkibini bəzən qeyri-sərbəst üzvi karbonun ümumi miqdarı ilə xarakterizə edirlər. Bununla belə, bu göstərici təbii suların çirklənmə dərəcəsini qiymətləndirmək üçün az əhəmiyyətlidir. Təbii sulara mövcud olan üzvi maddələri iki qrupa bölmək lazımdır. Birinci qrupa-təbii üzvi maddələr, əsasən, humus və fulvoturşular, karbon və amin turşuları, karbonil maddələr, mürəkkəb efirlər (onların tərkibində olan qeyri-sərbəst karbon 1,5-30 mq/l-dir) və 0,2-12 mq/l-də qeyri-sərbəst karbonlu digər maddələr aiddirlər. Təbii suların üzvi maddələrinin ikinci qrupunu çox saylı antropogen mənşəli maddələr təşkil edir. Onların miqdarı suyun çirklənmə dərəcəsindən asılıdır və geniş hədudlarda dəyişə bilər, bir neçə mq/l-ə qədər. Bunlar aromatik karbohidrogenlərdir (benzol, toluol, fenollar, naftalin), halooid tərkibli maddələr (xlороform, ikixloreten, dixlofos), azot tərkibli maddələr (aminlər, piridin, poliakrilamid, sidik cövhəri), metanol, benzo spirti, neft maddələri, boyalar, sintetik üzü-səthi maddələrdir.

Təbii suların tərkib hissələri müxtəlif aqreqat halında ola bilər: mayədə molekul və ion şəklində; holloid şəklində – 0,001-dən 1 mkm-ə qədər adi hallarda gözə görünməyən hissəciklər şəklində; bulanıq şəklində – hissəciklərin bir az iri ölçüdə, suya bulanıq verən hissəciklər şəklində. Mikroelementlərin çox hissəsi holloid və bulanıq şəklində olurlar. Eyni zamanda mikrohissələrə müxtəlif mikroorqanizmlər də aiddirlər.

Yerüstü suların keyfiyyətini mütləq proqram çərçivəsində hidrokimyəvi və hidroloji göstəricilərə görə təyin edilən vahidlər 16-cı cədvəldə göstərilir

Su axınlarında aparılan müşahidələr mütləq proqram çərçivəsində su rejiminin əsas fazalarında aparılır.

Hovuzlarda suyun keyfiyyətini bu cür hidroloji vəziyyətlərdə tədqiq edirlər: qışda – suyun ən aşağı səviyyəsində və buzun ən qalın olduğu dövrdə; yazın əvvəlində hovuzun doldurulma dövründə; maksimal doldurulma dövrə; yay-payız müddətində suyun ən aşağı səviyyəsi dövründə.

Yerüstü suların keyfiyyətini hidroloji və hidrokimyəvi göstəricilərə görə müşahidəsinin qısa proqramını üç növə bölürlər:

Birinci proqram, suyun sərf edilməsini (axınlarda), suyun səviyyəsini (hovuzlarda), temperaturunu, həll edilmiş oksigenin miqdarını, xüsusi elektrik ötürücülüynü təyin etmək və vizual müşahidələri aparmaq üçün nəzərdə tutulur.

İkinci proqram, suyun sərf edilməsini (axınlarda), suyun səviyyəsini (hovuzlarda), temperaturunu, pH-ı, xüsusi elektrik ötürücülüynü, hollid maddələrin miqdarını, kimyəvi oksidləşməyə olan tələbatı (OKT) və biokimyəvi oksidləşməyə olan tələbatı (OBT₅), bu nəzarət məntəqəsinə xas olan 2-3 çirkləndirici maddələrin miqdarını təyin etmək və vizual müşahidələri aparmaq üçün nəzərdə tutulur.

Üçüncü proqram, suyun sərf edilməsini, axının sürətini (axınlarda), suyun səviyyəsini (hovuzlarda), temperaturu, pH-ı, hollid maddələrinin miqdarı, həll olunmuş oksigenin miqdarını, OBT₅, bu nəzarət məntəqəsində bütün çirkləndirici maddələrin miqdarını təyin etmək və vizual müşahidələri aparmaq üçün nəzərdə tutulur.

Nəzarət məntəqələrində təbii suların keyfiyyətinin hidrokimyəvi göstəriciləri suyun keyfiyyətinin qəbul edilmiş normaları ilə uyğunlaşdırılır.

Müxtəlif kateqoriyalı məntəqələrdə hidrokimyəvi göstəricilərə görə suyun keyfiyyətinin proqram və müşahidələri dövrü 17-ci cədvəldə verilmişdir.

**Cədvəl 17. Müxtəlif məntəqələrdə müşahidələrin
dövriliyi və proqramlar**

Müşahidənin dövrü	Müşahidəçi məntəqənin kateqoriyası			
	I	II	III	IV
Hər gün	Qısaldılmış proqram 1	Vizual müşahidələr	–	–
Hər dekada	Qısaldılmış proqram 2	Qısaldılmış proqram 1	–	–
Hər ay	Qısaldılmış proqram 3			–
Su rejiminin əsas fazalarında	Mütləq proqram			

Hidrobioloji üsulların köməyiylə suyun keyfiyyətinin müşahidə sistemi hidrobionların tərkibini və strukturunu təyin etməyə imkan verir.

Hidroloji göstəricilərlə yerüstü suların keyfiyyətinin müşahidəsi *tam proqramı* nəzərdə tutur:

- *fitoplanktonun* tədqiqi- hüceyrələrin ümumi sayı, növlərin sayı, ümumi biokütləsi, əsas qrupların sayı və onların kütləsi, qruplarda növlərin sayı, kütlə növləri və saprobluq indikatorların növləri;
- *zooplanktonun* tədqiqi – canlıların ümumi sayı, növlərin ümumi sayı, ümumi biokütlə, əsas növlərin sayı, əsas qrupların biokütləsi, qrupda növlərin sayı, kütlə növləri və saprobluq indikatorların növləri;
- *zoobentosun* tədqiqi – ümumi sayı, ümumi biokütləsi, növlərin ümumi sayı, standart tərtibatı ilə qrupların sayı, qrupda növlərin sayı, əsas qrupların sayı, əsas qrupların biokütləsi, kütlənin növləri və saprobluq indikatorların növləri;
- *perifitonun* tədqiqi – növlərin ümumi sayı, kütləvi sayı, təsadüf etməsinin təkrarlanması, saprobluq;
- *mikrobioloji* göstəricilərinin təyini- bakteriyaların ümumi sayının saprofit bakteriyalarının sayı, bakte-

riyaların ümumi sayının saprofit bakteriyaların sayı ilə qarşı qarşılıqlı münasibəti;

- *fitoplanktonun fotosintezi* və üzvi maddənin destruksiya-siyasının, fotosintezin intensivliyinin üzvi maddənin destruksiyası ilə qarşılıqlı münasibətinin, xlorofilin miqdarının tədqiqi;
- *makrofitlərin* tədqiqi- təcrübə sahəsinin proektiv örtüyünün, bitkilərin yayılmasının xarakteri, növlərin ümumi sayı, üstünlük təşkil edən növlərin (adı, proektiv örtüyünü, fenofazları, anormal əlamətləri) tədqiqi.

Yerüstü suların hidroloji göstəricilərə görə keyfiyyətinin təyini *qısaldılmış müşahidə proqramında* tədqiqat işlərinin aparılmasını nəzərdə tutur:

- *Fitoplankton* – hüceyrələrinin ümumi sayı, növlərin ümumi sayı, kütlə növlərinin və saprobluq indikatorların növləri;
- *Zooplankton* – canlıların ümumi sayı, növlərin ümumi sayı, kütlə növləri və saprobluq indikatorların növləri;
- *Zoobentos* – standart tərtibatı ilə qrupların sayı, qrupda növlərin sayı, əsas qrupların sayı, kütlə növlərin və saprobluq indikatorların növləri;
- *Perifitonun* – növlərin ümumi sayı, kütləvi sayı, təsadüf etməsinin təkrarlanması, saprobluq;

Müxtəlif kateqoriyalı məntəqələrdə suyun keyfiyyətinin hidrokimyəvi göstəricilərinə görə proqram və müşahidələrin dövrü 18-ci cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 18. Hidrobioloji göstəricilərə görə müşahidələrin dövriliyi və proqramların növləri

Müşahidənin dövrü	Müşahidəçi məntəqənin kateqoriyası			
	I	II	III	IV
Hər ay	Qısaldılmış proqram	Qısaldılmış proqram	Qısaldılmış proqram (vegetasiya dövründə nəzarət)	–
Hər rüb	Dolğun proqram			

Hər bir rayonda atmosferin fon monitoring məntəqələrinin yerləşdirilməsi landşaftlara və yerli iqlim şəraitinə uyğun olmalıdır. Kükürdün, fenolların, benz(a)pirenin fon tərkibi mütləq təyin edilməlidir.

Ətraf mühitin monitoring müşahidələrində əlavə atmosfərə buraxılan və tullantı sularının tərkibi haqqında ətraf mühitin Nəzarət Planı çərçivəsində istehsalat nəzarəti təşkil edilməlidir.

Dünya Bankının standartlarına əsasən müşahidələrin siyahısı və dövriliyi təşkil olunur (cədv.19):

Cədvəl 19. İstehsalat nəzarətinin keçirilməsinin tərkibi və dövriliyi

Çıxılmanın növü	Ölçülən kəmiyyət	Dövrilik
Maye axınlar	pH	Hər gün
	OBT ₅	Hər həftə
	Ölçülmüş maddələr	Hər həftə
	Ümumi karbohidrogenlər	Hər həftə
	Fenol	Hər ay
	Sulfid	Hər ay
	Toksik metalların həcmi	Hər ay
Atmosfərə tullantılar	Uçucu üzvi maddələr	Hər il hesablanır
	Hidrogensulfid	Hər il hesablanır
	Kükürdün oksidi (neftin istehsalında)	Hər il hesablanır
	Azotun oksidi	Hər il hesablanır

Program tədbirləri gördükdə və informasiyaları topladıqdan sonra ətraf mühitin Nəzarət Planını təkmilləşdirmək lazımdır.

5.2. Yeraltı suların monitorinqi

Bütün ətraf mühiti və o, cümlədən, su mənbələrinin qorunması olduqca aktual məsələdir. Torpaqların, əsasən yüngül mexaniki tərkibli torpaqların xam neftlə və neft maddələri ilə çirklənməsi, bütün geoloji mühitin, o cümlədən, yeraltı şirin suların çirkləndirilməsi ilə nəticələnə bilər. Yeraltı su saxlayan horizontlara neft maddələrinin daxil olması çirklənmə proseslərinin inkişafına gətirib çıxardır və bunun nəticəsində yeraltı şirin su mənbələri sıradan çıxır. Bundan əlavə, yeraltı suların və süxurların neft maddələri ilə çirklənməsi onların buxarlanma, kimyəvi və bioloji parçalanmasının nəticəsində toksik və partlayışlı təhlükə yaranır, bu da, insanların zəhərlənməsi və ölümü ilə nəticələnə bilər. Buna görə, yeraltı suların monitorinqinin aparılması zərurəti meydana çıxır.

Geoloji mühitin karbohidrogenlərlə çirklənmə proseslərinin tədqiqi, bütün ətraf mühitin, o cümlədən, yeraltı su sərvətlərinin keyfiyyətinin qorunması üçün vacibdir.

Hidrokimyəvi monitorinqin təşkil edilməsinin əsas məqsədi, neft maddələrinin borulardan və başqa həcmlərdən sızmasının yerlərini təyin etmək, qarşısını almaq, sızmaları məhdudlaşdırmaq, su saxlayan horizonta və ətraf mühitin başqa elementlərə mənfi təsirini ləğv etməkdir.

Xam neftin və neft maddələrinin sızması ətraf mühitə mənfi təsirlə nəticələnir:

1. Neft maddələrinin geoloji mühitə daxil olması nəticəsində uzunmüddətli çirklənmiş mənbələrin yaranması baş verir. Süxurlar karbohidrogenlərlə hopdurulur, yeraltı suların üst səthlərində yağlı linalar formalaşır, həll edilmiş maddələr yeraltı sula-

rın axıntılarına intensiv miqrasiya edilir, alışqan və qazaoxşar toksik maddələr əmələ gəlir.

2. Yeraltı suların neft maddələrinin yağlı fraksiyaları ilə çirklənmiş areallarının formalaşması mürəkkəb prosesdir və bir neçə amillərlə müəyyən olunur. Onlardan ən vacibi, bu maddələrin fiziki-kimyəvi xassələri və miqrasiya mühitinin geoloji-hidrogeoloji vəziyyətidir.
3. Formalaşmış çirklənmiş arealların yox edilməsi mürəkkəb və çox zəhmət tələb edən prosesdir və neft maddələrinin yağlı formalarının yeraltı suların üst səthindən kənar edilməsi ilk növbədə nəzərdə tutulmalıdır.
4. Yeraltı suların neft maddələri ilə çirklənmiş areallarının tədqiqi üçün istifadə olunan metodik üsulları - fəzadan şəkil çəkmə, quyuların qazılması, stasionar rejimli müşahidələr, qeofiziki işlər və s. iri həcmli çirklənməni aşkara çıxartmaq və qiymətləndirmək məqsədilə yaxşı nəticələr verir. İstifadə olunan neft boruları boyunca, neft maddələrin sızmalarını müəyyən edən üsullardan ən səmərəlisi borular boyunca yeraltı su saxlayan horizontlarda, ya da neft maddələri saxlanılan obyektlərdə müşahidə şəbəkələrinin yaradılmasıdır.
5. Yeraltı suların neft maddələri ilə çirklənməsi onların miqdarının suda artmasından və yağlı fazasının həcmnin artmasından savayı, suların kimyəvi xassələrinin dəyişməsi ilə-oksidləşmə-bərpaedici potensialın, sulfatların, nitratların və oksigenin dəyişməsi ilə nəticələnir. Baş verən dəyişmələrin xarakteri yeraltı suların və süxurların neftlə çirklənməsi, çirklənmənin əhəmiyyətin və təsirinin müddəti haqqında fikir söyləməyə imkanı verir.
6. Yeraltı sularını dəyişməsində rejimli müşahidələrinin nəticələri, mövcüd olan, yəni neft maddələrinin

areolunun frontal hissəsinin yaranmasını və onun axını ilə dərinə (susaxlayan horizontla) hərəkətinin əhəmiyyətini təyin etmək imkanı yaradır.

7. Uzunmüddətli xam neftin sızmaları yeraltı suların çirklənməsi və güclü areolun formalaşması ilə nəticələnir və bu müddətdə neft maddələri yağlı, həll olunmuş və sorbsiya olunmuş formalarda müşahidə olunur. Yeraltı suların üst səthində üzən neft maddələrinin yağlı fraksiyaları ətraf mühit üçün çox təhlükəlidir. Onlar konveksiya və kapillyar sormanın hesabına tədricən hərəkət edərək dərin olmayan yatıma və pəzləşmə zonalarına gedib çata bilərlər. Bunun nəticəsində, yerüstü sular (kanalların və göllərin) və süxurlar intensiv çirklənə bilər və eləcə də, bu zonada yaşayan yerli əhali üçün təhlükə yarana bilər. Neft maddələrinin yağ fraksiyaları, yeraltı suların axıntılarından çıxarılan neft maddələrinin həll olunan formalarının uzunmüddətli mənbələridir.
8. Rejim müşahidəsi şəbəkələrinin yaradılması, yəni, müşahidə quyularının qazılması və təchizi zamanı, yol boyunca süxurların litoloji tərkibi nəzərə alınmadır, ona görə ki, süxurların filtrasiya qabiliyyətinin müxtəlifliyi neft maddələrinin filtrasiya prosesini əhəmiyyətli dərəcədə mürəkkəbləşdirir və layların nazik plyonkadan (millimetrdən) 2 və daha artıq metrə qədər dəyişmələrinə səbəb olur. Süxurların zəif keçiricilik qabiliyyətli linza və blokları (litoloji baryerlər) neft maddələrinin hərəkətini zəiflədərək, onların üstdəki laylarda mühüm həcmli çirklənmiş layların əmələ gəlməsinə səbəb olurlar.
9. Yer səthinin relyef və yeraltı suları güzgüsü arasında olan asılılıq relyefin plastik xəritəsində neft maddələrindən formalaşan areollarının təyin edilməsi üçün istifadə etməyə imkan yaradır. Neft maddələrinin areollarının su horizontlarında hərəkətinin is-

tiqaməti relyefin plastik xəritəsində seçilən strukturların axınına uyğundur. Relyefin plastik xəritəsində axıntı sistemlərinin boşalma sahələrinin yerləşməsi, yeraltı suların axınlarının ümumi hidrodinamik strukturunu və çöküntülərin keçiriciliyini nəzərə almaqla, neft maddələrinin linzalarının formalaşma prosesinin təyin edilməsinə və onun gələcək inkişafının istiqamətinin proqnozlaşdırmasına imkan yaradır.

10. Neft maddələrinin hərəkət prosesi ən vasitəli üsullarla, yəni geofiziki üsullarla qiymətləndirilə bilər.

1. **Azərbaycan torpaqlarının morfo-qenetik profili.**
Bakı: Elm, 2004, 201s.
2. **Məmmədov Q.Ş.** Azərbaycan torpaq ehtiyatlarından məmərəli istifadənin sosial-iqtisadi və ekoloji əsasları.
Bakı, Elm, 2007, 854s.
3. Александров А.И., Загвоздкин В.К., Ерцев Г.Н.,
Оптимизация технологии биорекультивации загряз-
ненных нефтью почв в условиях Крайнего Севера
//Новые технологии для очистки нефтезагрязненных
вод, почв, переработки и утилизации нефтешламов.
Международная конференция. 10-11 декабря 2001 г.
Тезисы докладов. – М.: Издательский дом «Ноосфе-
ра», 2001. С. 94-96.
4. Ахмедов В.А., Кахраманова Т.Б. Использование
улучшателей почв при освоении нефтезагрязненных
грунтов. //Azərbaycanın torpaq ehtiyatları və qo-
runması. Bakı: Elm, 2005, s.175-178.
5. Ахундова Э.З. Окислительная ветвь круговорота
азота в нефтезагрязненных почвах Апшерона. /Авт.
дисс....канд.биол.наук., Баку,1996.-21с.
6. Беспмятников Г.Р., Кротов Ю..А. Предельно допус-
тимые концентрации химических веществ в окру-
жающей среде.-Л., 1985.-528с.
7. Благодатская Е.В., Ананьева Н.Д. Оценка устойчи-
вости микробных сообществ в процессах разложения
поллютантов в почве. // Почвоведение.-1996, №11.-
с.1311-1346.
8. Временные методические рекомендации по кон-
тролю загрязнения почв / Под ред. Г.С..Малахова.
Ч.2.-М.: Гидрометеиздат, 1984.-64с.
9. Гасанов К.С.,Абдуллаев Ф.З., Исмаилов Н.М. Ме-
ханизм защиты бактерий от выщелачивания из ад-
сорбированных поверхностей при воздействии ор-

- ганических растворителей.// *Kimya problemləri jurnalı*, 2004, №3, s.88-92
10. Гасанов К.С., Абдуллаев Ф.З., Исмаилов Н.М. Эволюция свойств нефте-загрязненной почвы при воздействии физико-хими-ческих и микробиологических амилов.// *Kimya problemləri jurnalı*, 2004a, №1, s.16-21.
 11. Гасанов К.С., Абдуллаев Ф.З., Исмаилов Н.М. Экстракция и биохимическая деградация нефти в двух-этапной рекультивации нефтезагрязненной почвы.// *Kimya problemləri jurnalı* 2004b, №1, с.28-30.
 12. Qasimli L.G., İbadov N.A., Kasumov F.K., İsmailov N.M. Биоремедиация бурового шлама в процессе химической фиксации/Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2005, №4(24), с. 86-90.
 13. Глебовская Е.А. Применение инфракрасной спектрометрии в нефтяной геохимии.-Л.: Недра.-1971.-141с.
 14. Гродзинский А.М. Аллелопатия растений и почво-утомление. – Киев: Наукова Думка.-1991.- 429с.
 15. Гузев В.С., Левин С.В., Звягинцев Д.Г. Реакция микробной системы почв на градиент концентрации тяжелых металлов. // *Микробиология*.-1985.-V.54, N.3.- с.414-420.
 16. Гузев В.С., Левин С.В., Селецкий Г.И. и др. Роль почвенной микробиоты в рекультивации нефтезагрязненных почв // *Микроорганизмы и охрана почв*.- М.: Изд-во МГУ, 1989.- с129-150.
 17. Дашдиев Р.А. Обоснование и разработка коллоидно-химических способов и средств для предотвращения и ликвидации загрязнения окружающей среды при морской нефтедобыче. –Автореферат дисс.... докт.хим.наук.-Киев, 1993.-34с.

18. Жуче Т.Б. Миграция углеводов в осадочных породах. М.:Недра, 1986.- 188с.
19. Исмаилов Н.М. Способ рекультивации нефтезагрязненных почв. /Авт. свид-во (СССР).-N1158258, 1983.-Опубл. 30.05.85 N20.
20. Исмаилов Н.М. Метод определения скорости окисления субстратов в микробных суспензиях.- Авторское свид-во СССР- №1035064.-04.15.1983.
21. Исмаилов Н.М., Гаджиева В.И., Гасанова М.Г. Коэффициент минерализации углеводов как показатель скорости самоочищения нефтезагрязненных почв. // Изв. АН Азербайджана, сер. биол.наук.- 1984.-№6.-с.76-85.
22. Исмаилов Н.М. Способ рекультивации нефтезагрязненных почв. Авт. свид. 1158258, СССР. Б.И.№20. 1985. МКИ В 09 В3/00; С 12 1/72.
23. Исмаилов Н.М., Ахмедов А.Г., Ахмедов В.А. Рекультивация нефтезагрязненных земель сухих субтропиков Азербайджана.// Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем.-М.: Наука, 1988.- с. 206-221.
24. Исмаилов Н.М. О биотехнологиях рекультивации нефтезагрязненных серо-бурых почв Апшеронского п-ва. /Изв. АН Азербайджана, N4-6,-1993.-С.194-199.
25. Исмаилов Н.М. К вопросу о биотехнологических методах рекультивации нефтезагрязненных серо-бурых почв Апшеронского полуострова. Известия АН Азербайджана.,сер.биол.наук. -1993.-№4-6.- с.155-161.
26. Исмаилов Н.М. Экологическая биотехнология в решении проблемы рекультивации нефтезагрязненных почв Апшеронского п-ва. / Автор. дис-серт....докт биол. наук.-Баку, 1996.- 41с.

27. Исмаилов Н.М., Мамедьяров М.А. Метод очистки почв от углеводородных загрязнений./ Патент Азерб. Республики, N P970072, 01.12.1997.
28. Исмаилов Н.М., Удовиченко Т.И., Мамедьяров М.А. К вопросу о рекультивации нефтезагрязненных почв Апшеронского п-ва. / Азерб. Нефтяное хоз-во, N4, 1999.-с.45-50.
29. Исмаилов Н.М., Аскеров Ф. Опыт рекультивации почв, загрязненных нефтью в Азербайджане. /Energy, Ecology, Economy. 2001, №1(8-9). С. 25-31.
30. Исмаилов Н.М. и др. Способ определения интенсивности разложения углеводородов в почве. // Патент АР, №I20050052. 2002г.
31. Исмаилов Н.М. и др. Способ определения интенсивности разложения углеводородов в почве. // Патент АР № I20050052 Оpubл. 28.02.2003, №1, стр. 61.
32. Казакова Е.Н., Калачникова И.Г., Масливец Т.А. Биодegradация углеводородов в нефтезагрязненной почве северной тайги // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. Всесоюз. школа, Звенигород, 4-8 дек. 1984; Тез. докл., Пушкино, 1984.- С.84-85.
33. Касымов А.Г. Методы мониторинга в Каспийском море. -Баку, 2000.-с.5-6.
34. Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды. Утверждены приказом МПР России от 15 июня 2001 г. № 511.
35. Кожевин П.А. Микробные популяции в природе. – М.: Изд-во МГУ.-1989.-170с.
36. Лятифов Ф.И., Гасанов К.С., Абдуллаев, Исмаилов Н.М. Экстракционная и био-химическая очистка битуминозных почв. //Azərbaycan milli elmlər akademiyasının müxbir üzvü Z. N.Zülfüqarovun 90

illik yübiileyinö hösir olunmuş konfransın materialları.2004.,s.219.

37. Миксимова Г.Н. Антропогенные варианты динамики фитоценозов// Стационарные исследования природных процессов и качества среды.-Иркутск, 1983.- с.42-52.
38. Методика определения ущерба, обусловленного загрязнением и засорением земельных ресурсов в результате нарушения природоохранного законодательства. //Мин. охраны окружающей природной среды и ядерной безопасности, Киев,1998.
39. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель. Утверждены Минприроды России 15.02.95, Роскомземом 28.12.94 и Минсельхозпром России 26.01.95.
40. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. Утверждены заместителем Главного Государственного санитарного врача СССР 13.03.87 № 4266-87.
41. Методы мониторинга в Каспийском море. -Баку: Garp-Poligraf.- 2000.- 57с.
42. Муратова А.Ю., и др. Использование люцерны и тростника для фиторемедиации загрязненного углеводородами грунта.//Прикладная биохимия и микробиология. 2003, том 39, №6, с.681-688.
43. Никитина З.И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем. Новосибирск: Наука, сибирское отд., 1991.- 200с.
44. Орлов Д.С., Воробьева Л.А. Система показателей химического состояния почв / Почвоведение 1982.- №4.-с.5-23.
45. Орлов Д.С., Аммосова Ю.М., Богарникова Е.А., Лопухина О.В. Использование отражательной способности нефтезагрязненных почв при аэрокосмическом мониторинге // Аэрокосмические методы в

- почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. –М.: Наука, 1990.-с.161-165.
46. Орлов Д.С., Аммосова Ю.М. Методы контроля почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв./ Под ред. Д.С.Орлова, В.Д.Васильевской .-М.: Изд-во МГУ, 1994.- с.219-231.
 47. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1993, 208с.
 48. Пиковский Ю.И. и др. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами. //Почвоведение, 2003, №3, с. 1132-1140.
 49. Приказ Госкомэкологии РФ о федеральном каталоге отходов № 527 от 27.11.97 г. Зарегистрирован в Минюсте РФ 29.12.97 г. № 1445.
 50. РД 41-5804046-200-91 "Охрана окружающей среды при строительстве разведочных и эксплуатационных скважин на нефть и газ" (Госкомитет Украины по геологии и использованию недр, Полтавское отделение УкрГГРИ, Полтава, 1991 г.
 51. Симакова М.С. Методические вопросы аэрокосмического мониторинга почв. // Почвоведение.-1997, №11.-с.1383-1389.
 52. Синькова Е. А. Рациональные способы санирования очагов техногенного загрязнения углеводородными соединениями. //Автор. диссерт. техн. наук. Санкт-Петербург, 2006
 53. Сираджев А.А. О перспективах очистки нефтезагрязненных земель Апшеронского п-ова. /Energy, Ecology, Economy/-2001, №1 (8-9).-с.128-130.
 54. Скворцова И.Н., Звягинцев Д.Г., Лукина Н.Н. Мутагенная и антимутагенная активность почв // В Сб.:

- Микроорганизмы и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 1989, с.193-204.
55. TU 21 USSR 391-86. Песок перлитовый вспученный расфасованный.-Киев, 1986.-11с.
 56. TU 39-1473-90. Сорбент нефтепоглощающий перлитовый «Жемчуг».-Киев, 1990.-14с.
 57. Угрехелидзе Д.Ш. Метаболизм экзогенных алканов и ароматических углеводов в растениях. Тбилиси: Мецниереба, 1976, 222с.
 58. Флоровская В.Н., Пиковский Ю.И., Грачева Н.С. Люминесцентно-битуминологические методы диагностики органических веществ в природной среде и техногенных потоках.- В сб.: Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем.- М.: Наука.-1981.-с.78-99.
 59. Шлегель Г. Общая микробиология. М.: Мысль, 1987. -566 стр.
 60. Эксперт» №23(517) / 19 июня 2006.
 61. Ягубов Г.Ш., Ахмедов В.А. Рекультивация техногенно-нарушенных почв на Апшероне (на азерб. языке) // Исследования по почвоведению и агрохимии. Сборник трудов Института почвоведения и агрохимии НАНА. Том XV. Баку: Элм, 1999, с. 37-42.
 62. American Petroleum Institute (API) : "Evolution of Limiting Constituents Suggested for Disposal of Exploration and Production Wastes," API Publication No4527, August 1993.
 63. API (American Petroleum Institute): "Oil and Gas Industry Exploration and Production Wastes" DOC No 471-01-09, July 1987.
 64. Bertrand J.C., Rambeloarisoa E., Rontani J.F. et al. Microbial degradation of crude oil in sea water in continuous culture // Biotechnol. Lett., 1983.-Vol.5, N8.-P.567-572.
 65. Bewley R.J.F. The Release of Genetically Modified Microorganisms. -REGEM 2/Ers. D.E.S. Stewart-

- Tull, M. Sussman.-New-Jork and London : Plenum Press, 1992.-P.33-46.
66. Biologisch-physikalische Bodenreinigung // WLB Wasser, Luft und Boden. 1989.-N3.-R.56-57.
 67. Biotechnology- a fast growing technology in environmental managment.// Biotechnol, Bull. -1990.-V8, N 12.-p. 9-11.
 68. Boelsing, F. Remediation of Toxic Waste Sites.DCR Technology in the Field of Immobilization and Fixation of Hazardous Compounds. Hannover, Germany:Ministry of Economics, Technology and Traffic, 1988.
 69. Boelsing, F. DCR technology in the field of environmental remediation. In remediation of Hazardous Waste Contaminated Soils. New York: Marcel Dekker, Inc., 1995, p. 869-923.
 70. Bollag J.M. Cross-coupling of humus constituents and xenobiotic substances // Aquatic and terrestrial yumic materials. Ann Arbor, 1983.-P.127-143.
 71. Brown K.W., Donnelly R.C., Thomas J.C., Campbell D. Degradation of soil applied organic compounds from three petroleum wasts// Waste Manag. Res., 1985,-v.3, N1.-P.27-39.
 72. Carmen E.P., Crossman T.L., Gatiff E.G. //J.Soil Cont., 1998, V.7, p.455-466.
 73. Colwell R.R., Mills A.L., Walker J.D. et al. Microbial ecology studies of the Metula spill in the straits of Magellan. // J. Fish. Res. Board Can., 1978, Vol. 35, N5.-P.573-580
 74. Cunningham S. D., Berti William R., Huang J.W. Phytoremediation of contaminated soils // Trends Biotechnol. -1995-. 13,N9.-p.393-397.
 75. Cunningham S. D.,Lee C.R. //Remediation, Science and Applications/ Ed.H.D.Skipper, R.F.Turco. Madison, Wisconsin: SSSA Special Publ., 1995,N43,p.145-156.

76. Gray T.R.G., Williams S.T. Microbial productivity in soil.//Symp. Soc.gen.Microbiol. -1971.-Vol.21.-P.255-286.
77. Guilot G. Pollution marine: des bacteries contre les hydrocarbures // Sci. Et techn.-1983, N94.-P.35-36.
78. Insam H. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime. // Soil Biol.-1990.-v.22, N4.-P.525-532.
79. Johnen B.G., Drew E.A. Ecological effects of pesticides on soil microorganisms. -Soil Sci.-1985.-V.123, N5.-p.319-324.
80. Khan S.U., Schnitzer M. The retention of hydrophobic organic compounds by humic acid // geocym. Et cosmochim. Acta.-1972.-Vol.36.-P.745-754.
81. Lee K., de-Mora S.// Environ.Technol., 1999, V.20, p.783-794.
82. Marr A.G., Nilson E.H., Clark D.G. The maintenance requirment of Escherichia coli. // Ann. N.Y.Acad.Sci. -1963.-Vol.108.-P.536-548.
83. Mikroben fressen Altlasten // Chem-Techn. (BRD).-1989.-18,N7.-R.12.
84. Morgan, D.C., A.M. Asce, J.I. Novoa, and A.H. Halff. Oil sludge solidification using cement kiln dust. Journal of Environmental Engineering, 1984, 110: 935-947.
85. Odu C.T.I. Microbiology of soil contaminated with petroleum hydrocarbons. 1. Extend of contamination and some soil and microbial properties after contamination. -J.of Institute of petroleum.-v.58, N562, july, 1972. -p.201-205.
86. Payne, J.R., R.W. McManus, and F. Boelsing (1992)DCR treatment of oily wastes and oil-contaminated soils. In Proceedings National Research & Development Conference on the Control of

- Hazardous Materials, February 1992, San Francisco, California, p. 297-304.
87. Schussler H. Saierung kontaminierter boden durch mikroorganismen: gefunders fressen // Entsorga.-1985, Vol.5, N4.-P.10.
 88. Staff C.P. Mutant bacteria decontaminates spilled crude oil site. Chem. Process (USA).-1982, Vol.45, N14.-P.96.
 89. Such, C., and C.L. Roux. Treatment of wastes from oil spills. Environmental Technology Letters. 1981, 2:161-170.
 90. Trapp S., Karlson U// J.Soils Sed., 2001, V.1, N1, p.37-43.
 91. Walton B.T. et all. //Bioremediation through Rhizosphere Technology. Washington, DC: Amer.Chem.Soc., 1994, p.82-92.
 92. Wegener Uwc. Okotechnologien im Rahmen des Naturschutres. / Petermanns geogr. Nitt. -1990.-134, N4.-p.239-242.
 93. Younkin W.E., and D.L.Johnson: "The Impact of Waste Drilling Fluids on Soils and Vegetation in Alberta". Symp.Proc.Vol.1: Research on Environmental Fate and Effects of Drilling Fluids and Cuttings, Lake Buena Vista, FL. Jan.21-24. 98-112 (1980).

İSMAYILOV NƏRİMAN MƏMMƏD oğlu

NEFTLƏ ÇİRKLƏNMİŞ
TORPAQLARIN
VƏ QAZMA ŞLAMLARININ
TƏMİZLƏNMƏSİ

Yığılmağa verilib: 17.08.07. Çapa imzalanıb: 30.08.07.

Format 60x84 1/16. F.ç.v. 10,5. Sifariş № 94.

Kağız əla növ. Tiraj 500 nüsxə. Qiyməti müqavilə ilə

“Tİ-MEDIA” şirkətinin mətbəəsi