

ARİF HÜSEYNOV
NAMIQ HÜSEYNOV

TORPAQ KİMYASI

Ali məktəblər üçün dərslik

Azərbaycan Respublikası Təhsil
Nazirinin 23 may 2012-ci il tarixli
902 sayılı əmri ilə ali məktəb
tələbələri üçün dərslik kimi təsdiq
edilmişdir.

Bakı – 2012

Elmi redaktor: ADAU-nun Torpaqşünaslıq, aqrokimya və ekoloji kənd təsərrüfatı kafedrasının müdiri, k.t.e.d., professor A.H.Babayev

Rəyçilər: *AMEA Torpaqşünaslıq və aqrokimya institutu, üzvi gübrələr və örtülü qrunun aqrokimyası laboratoriyasının müdiri, k.t.e.d., prof. P.B.Zamanov.*

GDU-nin tədris işləri üzrə prorektoru, k.e.d., prof. Y.Ə.Yusifov

ADAU-nun Aqrotexnologiya fakültəsinin dekanı, k.e.d., prof. E.M.Mövsumov.

ADAU-nun Torpaqşünaslıq, aqrokimya və ekoloji kənd təsərrüfatı kafedrasının professoru, k.t.e.d.. F.H.Axundov

Arif Hüseynov, Namiq Hüseynov.

TORPAQ KİMYASI. (Ali məktəblər üçün dərslik).

Bakı – 2012. 582 səh.

Dərslikdə torpaq kimyasının kənd təsərrüfatında istifadə olunmalı məsələləri açıqlanıb, xam və mədəniləşdirilmiş torpaqlarda vacib olan kimyəvi reaksiyalar xarakterizə edilmiş, torpaqda ion mübadiləsinin fundamental qanunları, turşuluğu və qələviliyi, oksidləşmə-reduksiya prosesləri və rejimi, spesifik və qeyri-spesifik maddələri və gilli mineralların formalaşması kifayət qədər işıqlandırılmışdır.

Torpaq kimyasının tətbiqi məsələləri və torpağın kimyəvi çirklənmədən mühafizə problemləri araşdırılaraq, mövcud ədəbiyyat məlumatları əsasında torpaq proseslərinin termodinamika məsələləri xeyli genişləndirilmiş, torpaq humusunun vəziyyəti haqqında qayda və prinsiplər formalaşdırılmışdır. Torpağın kimyəvi xüsusiyyətlərinin və monitorinqin qiymətləndirilməsində onun rənginin göstəricilərindən istifadə imkanları müəyyənləşdirilibdir.

Dərslik universitetlərin “Aqrokimya və torpaqşünaslıq”, “Aqronomluq”, “Meliorasiya”, “Biologiya”, “Ekologiya” və digər uyğun gələn ixtisasların tələbələri üçün, eləcə də magistrantlar, doktorantlar və elmi işçilər üçün nəzərdə tutulmuşdur.

*Yerdə ol, göydə ol, fərqi yox bunun,
Torpaqsan yenə də torpaqdır sonun.*

N.Gəncəvi

ÖN SÖZ

Ta qədim zamanlardan müasir dövrümüzədək bəşər sivilizasiyasının əsaslarını formalaşdıran amillərdən biri torpaq və onunla bağlı münasibətlər sistemi olmuşdur. Xalqların formalaşması, cəmiyyətin ictimai sifarişi əsasında sosial-siyasi təsisat olaraq dövlətlərin yaranması, başqa sözlə, müasir beynəlxalq sistemin qurulması kimi məsələlər də bilavasitə torpaq amili ilə bağlı olmuşdur.

Əgər belə demək mümkünsə, torpağa münasibət faktorunun tarixin ən mühüm hadisə və proseslərində, dövlətlərin yaranmasında və çökməsində, hətta ictimai formasiyaların dəyişməsində belə həlledici rolunu oynamış, bəşəriyyətin torpağa verdiyi qiymət bütün tarix boyu dəyişməyərək müasir zamana qədər gəlib çıxmışdır.

Lakin son yüz illikdə respublikamızın əhalisinin sürətli artımı, yaşayış məntəqələrinin hədsiz genişlənməsi, böyük suların massivlərinin yaranması, dağ-mədən, energetika, nəqliyyat və s. sənayenin digər sahələrinin intensiv inkişafı ətraf mühitə, təbii ekosistemlərə, o cümlədən torpağın kimyəvi xassələrinə neqativ antropogen təsirlərin dəfələrlə artmasına gətirib çıxarmışdır. Nəticədə əkinəyararlı və digər kateqoriyalardan olan torpaqların sahəcə azalması və onların münbitlik göstəricilərinin, xüsusilə kimyəvi tərkibinin keyfiyyətə pisləşməsi səbəbindən biopotensialın azalması baş vermişdir.

Qeyd edək ki, respublikamız dünya ölkələri arasında kənd təsərrüfatına yararlı torpaq sahələri ilə təmin olunmasına görə sonuncu yerlərdə durur. Belə ki, hazırda bu kateqoriyadan olan torpaqların hər adama düşən miqdarı respublikamızda 0,12-0,14 ha arasında dəyişir ki, bu da olduqca zəif göstərici hesab olunur. Bu vəziyyət torpaq örtüyünün hər qarışından səmərəli istifadənin vacibliyini bizə bir daha diktə edir.

Uzun müddət «Yeni dünya» jurnalının baş redaktoru işləmiş, yazıçı, publisist, ixtisasca meliorator, professor S.P.Zalığının təbirincə desək *«torpaq qatı cəmi 30, 40 və ya tutaq ki, 50 sm qalınlığa malikdir. Hər şey – heyvanların, bitkilərin yaşayışı, bəşəriyyətin təkamülü və həyatın özü – yalnız bu nazik təbəqədə baş verir»*. Bəli, məhz bu nazik təbəqə qorunub gələcək nəsillərə yararlı halda təhvil verilməlidir.

Müqəddəs kitabımız Qurani-Kərimin Əraf surəsinin 58-ci ayəsində deyilir: *«Pak torpağın bitkisi öz Rəbbinin izni ilə firavan və bol çıxar. Pis olan torpağın bitkisi isə yalnız az və xeyirsiz çıxar. Pak insanın təbiətindən gözəl əqidələr və işlər, pis insanın təbiətindən pis əqidə, sifət və əməllər baş qaldırar»*. Mən sözümlün əvvəlində dahi Azərbaycan şairi N.Gəncəvinin beytini təsadüfən işlətməmişəm. Dinimizlə yanaşı artıq elmi surətdə də sübut olunmuşdur ki, insan torpaqdan yaranmışdır və kimyəvi tərkibcə eynilik təşkil edir.

Bir dəfə o zamanın populyar jurnalı sayılan «Zdorovye»də tibb üzrə məşhur alimin məqaləsindən götürdüyüm parçanın nöqtəsinə, vergülünə toxunmadan, tərcümə etmədən Sizin nəzərinizə çatdırıram. *«Ева не была первой женой Адама. Сначала бог сотворил ему из огня красавицу Лилит. Но запах глины, из которой был создан Адам, достиг тонкого обоняния огнедышащей Лилит. Супруг стал ей неприятен, и она покинула его. И тогда-то,*

увидев глубоко удрученного Адама, бог решил подобрать ему более подходящую жену. Он усыпил Адама, вынул у него ребро и из этого ребра создал прекрасную Еву. Вот эта жена «плоть от плоти и кость от кости», и стала его верной подругой».

Oddan yaradılmış İblisin nəslindən olan Lilit torpağın müqəddəsliyini qəbul edə bilmədi.

Folklorumuza müraciət etsək bizim xalqın da belə atalar sözləri çoxdur. «Ərlə arvadın torpağı bir yerdən götürülüb», yaxud «Əti-ətindən, sümüyü-sümüyündən» və s.

Məşhur vətənpərvər alim, akademik Ziya Bünyadovun qələminin son məhsulu olan «Dinlər, təriqətlər, məzhəblər» kitabında Adəm – qədim yəhudicə «torpaq» deməkdir fikrinə rast gəlirik (səh.10).

Onu da qeyd edim ki, torpaq da ana qədər müqəddəs varlıqdır və başqa bir varlıq tanımıram ki, ana və torpaq qədər şeirlərdə bu dərəcədə vəsf edilsin. Ən məşhur nizamişünaslar hələ də N.Gəncəvinin bu qıfıləndini açma bilməyiblər:

*«Dünyada Yer kimi ağır dolansan,
Üç gövhər arxanda qalacaq, inan!
Bütün gövhərlərin rəngi parlaqdır,
Hamısından xoş gələn yenə torpaqdır.
Torpaqda gizlidir o üç yoldaş da,
Yenə də torpaq var o üç yoldaşda».*

(N.Gəncəvi “Leyli və Məcnun” səh.56)

Bəli, təbii tarixi cisim, bizim əcdadımız olan torpaq əsas və əvəzsiz sərvətimizdir. Ondən nə dərəcədə səmərəli istifadə olunmasından cəmiyyətin taleyi və xalq təsərrüfatının gələcək inkişafı asılıdır. Torpaq bütün ictimai formasiyalarda insana

qüdrət, ölkəyə bərəkət və cəmiyyətin inkişafına mütərəqqi istiqamət vermişdir.

FAO-nun məlumatına görə hər il 8,76 milyard ton qida istehlak edilir. Bu enerji ekvivalenti ilə $1,5 \cdot 10^{20}$ ton coul kaloridir. Bunun 90%-i bitkiçilik, 10%-i isə heyvandarlıq məhsuludur. Nəzərə alsaq ki, hər iki məhsulu torpaq verir, bu təbii tarixi cisimin əhəmiyyəti daha parlaq görünür. Ona görə də torpağı qorumaq, onun kimyəvi tərkibini daimi olaraq nəzərdə saxlamaq, münbitliyinin azalmasının qarşısını almaq hər bir vətəndaşın müqəddəs borcudur. Bu baxımdan respublikamızda ilk dəfə nəşr olunan «Torpaq kimyası» dərsliyi və onun tədrisi də diqqət mərkəzində olmalıdır. Dünyanın bir nömrəli müəllimi Aristotel deyirdi: *«Adi müəllim danışır, yaxşı müəllim göstərir, əla müəllim başa salır, dahi müəllim ruhlandırır»*. Torpaq kimyasını tədris etmək üçün ən azı yaxşı müəllim olmaq lazımdır.

Hazırda respublikamızda ekoloji tarazlığın pozulması, kənd təsərrüfatına yararlı torpaqların azalması, bəzi yerlərdə tamamilə sıradan çıxması, torpağın əsas xassəsi olan münbitliyin potensial və effektiv göstəricilərinin pisləşməsi bizə çox ciddi xəbərdarlıqdır, torpağın ekoloji böhranı və ya deqradasiyası kimi qarşılanmalıdır. Bütün bunlar «Torpaq kimyası» dərsliyinə böyük ehtiyac olduğunu sübut edir.

Müəlliflərin belə vacib və məsuliyyətli bir problemin həlli üçün çəkdikləri zəhmət təqdirə layiqdir.

Prof. N.M.Xudiyev
ADPU-nun Azərbaycan dilçiliyi kafedrasının müdiri,
filologiya elmləri doktoru, Əməkdar Elm Xadimi.

GİRİŞ

Təbii-coğrafi xüsusiyyətlərinin müxtəlifliyi ilə seçilən Respublikamızın ərazisi, tropik meşə və savanna tipli landşaftlar istisna olmaqla, Yer kürəsində yayılmış bütün torpaq-iqlim zonalarının mövcudluğu ilə səciyələnilir. Bununla yanaşı, hər zona daxilində torpaqəmələgətirici ana süxurların, çöküntülərin, bioloji amillərin və insanın təsərrüfat fəaliyyətinin müxtəlifliyi burada çoxsaylı torpaq tipi və növlərinin formalaşmasına səbəb olmuşdur. Ərazidə relyefin morfoqenetik və morfometrik xüsusiyyətlərin mürəkkəbliyi geosistemlərdə hidrotermik rejimin, maddələr mübadiləsinin və başqa amillərin kəskin dəyişilməsinə, beləliklə də torpağın zonallıq qanunauyğunluqlarının yaranmasına və bir-birini əvəz edən müxtəlif torpaq tiplərinin formalaşmasına, onların kimyəvi, fiziki-kimyəvi və mineraloji xassələrinin müxtəlifliyinə səbəb olmuşdur.

Bu gün Azərbaycan dövləti üçün strateji əhəmiyyət kəsb edən məsələlərdən biri də kənd təsərrüfatı təyinatlı torpaqların münbitliyinin qorunması və yüksəldilməsidir. Yeni iqtisadi sistemə keçidlə əlaqədar xırda və pərakəndə torpaq istifadəçiliyi şəraitində torpaqlarımızın münbitliyi son vaxtlar sürətlə azalır, ölkə ərazisində səhrələşmə prosesi intensivləşir. Belə bir şəraitdə baş verən neqativ proseslərin qarşısını almaq və pozulmuş ekoloji tarazlığı bərpa etmək üçün «Torpaq kimyası» dərslisinin yazılması və nəşri zamanın tələbindən doğur.

Müasir torpaq kimyası torpağın istifadəsi, xassələri və mənşəyi ilə bağlı məsələləri həll etmək üçün meydana çıxmışdır. Ona görə də onun ümumi tərifini aşağıdakı kimi vermək olar: **torpaq kimyası – torpaqsünəşliyin bölməsi olub, tor-**

paqəmələgəlməsinin kimyəvi əsaslarını və münbitliyi öyrə-nir. Bu məsələlərin həllinin əsasını torpağın tərkibini, xassələ-rini tədqiq etmək və torpaqda baş verən prosesləri ion-mole-kulyar və kolloidal səviyyədə öyrənmək təşkil edir. Etiraf edək ki, torpaq kimyasının predmeti xüsusi təbii-tarixi cisim olan torpaqdır. Torpaq kimyası da torpaqşünaslıq kimi müqayisəli-coğrafi və profil-genetiki metodlardan istifadə edir, bu da bir sübutdur ki, torpaq kimyası torpaqşünaslığın digər böl-mələrindən ayrı hesab edilmir. Burada torpağın spesifik xas-sələrini xarakterizə edən metodlar və göstəricilər işlənib hazır-lanmışdır. Məsələn, torpağın udma qabiliyyətinin göstərici-ləri, humusun qruplar üzrə tərkibi, profil üzrə elementlərin ya-yılması, elementlərin mütəhərriqliyinə və bitkilər tərəfindən mənimsənilməsinə görə qruplara bölünməsi, torpağın nitrifi-kasiya qabiliyyəti və s. bu qəbildən hesab edilir.

Torpaq kimyasına kimya elminin bir bölməsi kimi bax-maq düzgün olmazdı, çünki bunun başlıca məqsədi torpaq məsələlərinin həllinə həsr edilmişdir.

Müasir torpaq kimyasının dörd başlıca istiqaməti müəy-yən edilmişdir:

- 1) torpaq kütləsinin kimyası,
- 2) torpaq proseslərinin kimyası,
- 3) torpaq münbitliyinin kimyası,
- 4) analitik torpaq kimyası.

Yuxarıda adı gedən istiqamətlərin hər biri ayrılıqda ya-rımbölmələrə bölünür. Məsələn, **torpaq kütləsinin kimyası** üç yarım bölmədə aşağıdakı problemləri öyrənir:

a) torpağın tərkibi haqqında təlimdə: torpağın element tərkibi, faza tərkibi, bərk fazanın tərkibi, maye fazanın tərkibi, qaz fazanın tərkibi, fazalar sistemində tarazlıq,

b) torpaq komponentlərinin quruluşu və xassələri: sadə duzlar, oksidlər və hidrokoksidlər, gilli minerallar, humus, üzvi-mineral maddələr,

c) torpağın xassələri: udma qabiliyyəti, mühitin reaksiyası, kimyəvi-kolloidal xassələri, oksidləşmə-reduksiya rejimi.

Torpaq proseslərinin kimyası dörd yarımbölmədə aşağıdakı problemləri öyrənir:

a) torpaqəmələgəlmədə maddələr tərkibinin transformasiyası: mineralların sintezi və parçalanması, üzvi qalıqların parçalanması, humus maddələrinin sintezi, yeni əmələgələn maddələrin kimyası,

b) differensasiya olunmuş torpaq profilində kimyəvi proseslər,

c) torpaq profillərində və landşaftlarda kimyəvi birləşmələrin miqrasiyası və akkumulyasiyası,

d) torpağın tərkibi və xassələrinin hidrotermiki və bioloji şəraitlərdən asılılığı.

Torpaq münbitliyi kimyası dörd yarımbölmədə aşağıdakı problemləri öyrənir:

a) qida elementlərinin ehtiyatı: ümumi ehtiyatları, qida maddələrinin ehtiyatı,

b) qida maddələrinin balansı: xam landşaftlarda elementlərin balansı, aqrofitosenozda elementlərin balansı,

c) elementlərin mütəhərrikliyi və bitkilərə daxil olmasının kimyəvi əsasları: birləşmələr və onların mütəhərrikliyi, elementlərin mənimsənilməsi və termodinamiki əsasları,

d) torpaq münbitliyinin nizamlanmasında kimyəvi tədbirlər.

Analitik torpaq kimyası üç yarımbölmədə aşağıdakıları problemləri öyrənir:

a) elementlərin və maddələrin kəmiyyətə təyini və identifikasiya metodları,

b) torpaq xassələrinin təyini metodları: aktual turşuluğun təyini, oksidləşmə-reduksiya potensialının təyini, kolloidal-kimyəvi xassələrin təyini,

c) spesifik torpaq göstəricilərinin təyini metodları: humusun fraksiyalar və qruplar üzrə tərkibi, mübadilə kationları, mineral komponentlərin qruplar üzrə tərkibi, torpaq turşuluğu və qələviliyinin növləri.

Yuxarıda şərh edilənlər müasir torpaq kimyasının öyrəndiyi problemlərin yalnız bir hissəsidir. Qarşıda hələ bunlardan heç də əhəmiyyəti az olmayan daha mühüm məsələlərin həlli durur. Məsələn, torpaq profilinin əsaslandırılmış analizi, hansı ki, bircinsli ana süxurlar üzərində formalaşan torpaqlar haqqında müxtəlif hipotezalar mövcuddur. Bu haqda əsaslı surətdə nəzəri və analitik tədqiqatların aparılması vacib problemlərdən sayılır.

Dərslərdə verilmiş düstur və tənləklərin asan anlaşılması üçün kitabın sonunda latın və yunan əlifbasını, həmçinin Y.L.Meyer və D.İ.Mendeleyevin elementlərin dövri sistemi cədvəlini oxuculara təqdim edirik.

I FƏSİL

QISA TARİXİ OÇERK VƏ TORPAQ KİMYASININ PROBLEMLƏRİ

Hər hansı bir elmin tarixi ilə tanış olmaq istərkən, əvvəlcə onun inkişaf dialektikasını başa düşməli, uğurlarının və uğursuzluqlarının səbəbini qiymətləndirməli, hərəkətverici qüvvəsini aydınlaşdırmalı və nəhayət onun cəmiyyətlə inkişaf əlaqələrini öyrənmək lazımdır.

Keçmişi öyrənmək müasir və gələcək zamanı başa düşmək üçün vacibdir. V.İ.Vernadskinin təbirincə desək «yeniliklər keçmişdə gizlənmiş və gözlənilmədən zübur edənlərdir».

Elmin inkişafının yaxın və uzaq perspektivlərini görəndə onun elmi-tədqiqat işlərinin planlaşdırılması asanlaşır, qanunauyğunluqları aydınlaşır, səhvlərdən və lazımsız təkrarlardan uzaqlaşaraq, keçmiş alimlər nəslinin təcrübələrinə əsaslanaraq düzgün nəticələr çıxarmaq olur.

Torpaq kimyasının inkişafı çox uzaq keçmişdən başlayır. Belə ki, birinci mərhələdə toplanmış kollektiv təcrübələrin nəticələri əsasında qazanılan bilgilər kənd təsərrüfatının inkişafına tətbiq edilmişdir. Qədim əkinçilərin torpaq xassələri haqqında olan fikirlərini biz indi torpağın kimyəvi xassələri adlandırırıq. Əkinçilik təcrübəsində kimyəvi maddələr torpağın yaxşılaşdırılması üçün tətbiq olunurdu. Məşhur tarixçi-torpaqşünas İ.A.Krupenikov yazırdı ki, hələ bizim eradan əvvəl II minilliyin başlanğıcında o zamanın inkişaf etmiş ölkələri sayılan Assuriya, Vavilon və Şumerdə torpağın təkrar şorlanmasına qarşı kimyəvi mübarizə tədbirləri aparılırdı. Elə həmin zamanlarda Mərkəzi Amerika xalqları torpaq turşuluğunu azaltmaq üçün əhəngdən istifadə edirdilər.

Qədim Roma əkinçiləri və filosofları şorlaşmış torpaqlar haqqında məlumata malik idilər. Vergiliy (eramızdan əvvəl 70-19-cu illər) əkinçilik, bağçılıq, heyvandarlıq və arıçılıq haqqında olan məşhur «Georgiki» poemasında yazırdı: **«Torpaq duzludur, ona görə də acı adlandırılıblar»**. Daha sonra qeyd edir ki, torpağın şorluğunu təyin etmək üçün onun su çəkintisini hazırlayıb dadına baxmaq kifayətdir. Qədim yunan alimi, «botanikanın atası» Teofrast (bizim eradan əvvəl 372-287-ci illər) gillicəli, gilli, qumsal torpaqlarla yanaşı duzlu torpaqların da olması haqqında məlumat verirdi.

Bundan başqa o dövrün alimlərinə torpağın udma qabiliyyəti və müxtəlif kimyəvi maddələrin tutulub saxlanması haqqında bilgilər yaxşı məlum idi. Məşhur qədim yunan filosofu **Aristotel** (b.e.ə.384-322-ci illər) torpaq vasitəsilə dəniz sularının duzlardan təmizlənməsi haqqında məlumatlar verirdi.

Daha sonra Romanın filosof-materialisti Tit Lukretski Kar (b.e.ə.99-55-ci illər) «Maddələrin təbiəti haqqında» poemasında dəniz suyunun torpaq vasitəsilə duzlardan təmizlənmə mexanizmini təsvir etmişdir.

**«Harda ki, yerin yarıqlarından süzülüb sututarlara yığılır,
Harda ki, öz acı hissələrini torpağın altında qoyur,
Belə ki, çox asanlıqla torpağa yapışır,
Onda dəniz suyu şirin və içməli olur»**.

Əlbəttə, belə izahat müasir zaman üçün çox sadələv görünə bilər. Lakin Tit Lukretski Karın fikrini yeni elmi terminlə ifadə etsək ion mübadiləsinin mexanizmini asanlıqla təsvir etmək olar.

Afrikanın şimali-qərb bölgəsində yaşayan əhali torpağın ion mübadiləsi qabiliyyətindən istifadə edərək, dəniz suyunun təmizlənməsi məqsədilə istifadə etmələri haqqında çoxlu məlumatlar mövcuddur. Təbaşir, əhəng və karbonatlı gildən İngiltərə əhalisi 2000 il bundan əvvəl gübrə kimi istifadə edirdilər. Romanın məşhur yazarı və naturalisti **Böyük Pliny** (24-79-cu illər) «Təbiət tarixi» əsərində Böyük Britaniya adalarında torpağa əhəngin tətbiqi qaydaları haqqında xüsusi qeydlər etmişdir. O, torpağın xassələrindən asılı olaraq əhəngin altı tipini müəyyənləşdirmişdir. Müəllif rütubətli torpaqlar üçün qumsal əhəng, quru torpaqlar üçün «yağlı» əhəngin tətbiqini məsləhət görür və bunlarla birlikdə peyinin verilməsini vacib hesab edirdi. O, zaman torpağın qıpslaşdırılması haqqında verilmiş qanun indi də İngiltərədə öz qüvvəsini saxlamaqdadır.

XV-XVI əsrlərdən başlayaraq torpağın kimyəvi xassələri haqqında daha dolğun məlumatlar formalaşdı və bu haqda xüsusi ədəbiyyat nəşr olundu. 1850-ci ildə Fransada B.Palissinin «Əhəngli torpağı necə tanımalı» kitabı işıq üzü gördü. Burada əhəngli torpaqların yayıldığı ərazilər və onların istifadə qaydası haqqında təlimatlar öz əksini tapmışdı. İngilis filosof-materialisti və dövlət xadimi F.Bekon (1561-1626) xalq təcrübələrinə istinad edərək, torpaqla doldurulmuş 20 ədəd qabdan dəniz suyunu süzərək, istifadə üçün yararlı olduğunu sübut etdi. Bunu torpağın udma qabiliyyəti haqqında elmi-tədqiqat işi hesab etmək olar. Onun o zaman irəli sürdüyü fikir – «üç şey milləti böyük və firavan edər: münbit torpaq, fəaliyyətli sənaye, əmlakın maneəsiz hərəkəti» indi aforizm kimi «Ağılın ensiklopediyası» kitablarında məşhurdur.

XVIII-XIX əsrlərdə torpaq kimyasının inkişafı

Torpaq kimyası haqqında sistemli tədqiqat işləri XVIII əsrə təsadüf edir. XVII əsrin sonraları XIX əsrin əvvəllərində bu elmə aid tədqiqat işləri böyük vüsət aldı. Bu zaman üç vacib problemin tədqiqatına alimlər daha çox fikir verirdilər:

- 1) torpaq humusu;
- 2) torpağın udma qabiliyyəti;
- 3) bitkilərin mineral qidalanma nəzəriyyəsi.

Bu haqda aparılan tədqiqat işlərindən ən əhəmiyyətli **F.Axarda** (1786) məxsusdur. Hansı ki, qələvi məhlulu torpaq və torfun üzərinə əlavə etməklə tünd-qonur rəngli cövhər almışdı. Sonra bu cövhərin üzərinə sulfat turşusu əlavə etdikdə tünd-qara çöküntü alınmışdı. Sonralar alimlər bunu humin turşusu adlandırdılar. F.Axardın həmin üsulu bəzi modifikasiyalar olunmaqla indi də öz əhəmiyyətini saxlamaqdadır. Bir neçə on illərdən sonra L.Vokelenin qarağacın gövdəsindən ayırdığı qələvi tərkibli cövhəri 1807-ci ildə T.Tomson ulmin maddəsi adlandırdı («ulmus» – latınca qarağac deməkdir).

O zamanlar torpaqdan ayrılan tünd rəngli üzvi maddələri əsasən bitkilərin qidalanmasında böyük rol oynayan humus nəzəriyyəsi ilə əlaqələndirirdilər. Bu problem məşhur isveç alimi İ.Valleriusun «Kənd təsərrüfatı kimyasının əsasları»(1761) kitabında daha ətraflı izah olunmuşdur. Alim belə hesab edirdi ki, bitki üçün başlıca qida elementi humusdur və torpağın digər tərkib hissələri bu maddənin bitkilər tərəfindən udulmasında iştirak edirlər. Bu nəzəriyyəni Berlin Universitetinin professoru **A.Teyer** (1752-1828) daha geniş şəkildə təbliğ etdi. Lakin Fransada J.B.Bussenqonun Almaniyada işə **Y.Libixin** tədqiqatları göstərdi ki, belə müəkkəb üzvi maddə-

lərin bitkilər tərəfindən birbaşa mənimsənilməsi qəbul edil-məzdir. Lakin XX əsrin ortalarında bu problem ətrafında yeni-yeni diskussiyalar meydana gəldi. Belə ki, L.A.Xristevanın həmin əsrin 30-40-cı illərində, həmçinin 60-70-ci illərdə nişanlanmış C^{14} atomu ilə aparılan başqa tədqiqatlarda, yük-sək molekululu humin turşularının bitkiyə kök sistemi ilə daxil olmasını mümkün hesab etdilər.

F.Axard və onun müasirlərinin tədqiqatları təkcə aqro-nomiya istiqamətli olmayıb, həm də müstəqil torpaq kim-yasına aid olan işlər içərisində xüsusi əhəmiyyət daşıyırdı. Artıq XIX əsrin əvvəllərində o zamanlar çox da məlum olma-yan üzvi birləşmələr (humus turşuları) haqqında tam eksperi-ment xarakteri daşıyan tədqiqatlar seriyası meydana gəlmişdi.

Humus turşularının tərkibi, həll olması və başqa duz-larla qarşılıqlı təsiri haqqında müfəssəl tədqiqatlar İ.Dyober-ner (1822), K.Şprenqel (1826), Y.Bertselius (1855), Q.Mulder (1860) tərəfindən aparılırdı. Bu zaman Bulle, Malahuti və başqaları süni humin turşuları almaq üçün çox saylı təcrübələr aparırdılar.

Xüsusi olaraq qəd etmək lazımdır ki, XVIII əsrin sonu XIX əsrin əvvəllərində torpağın kimyası dünyanın məşhur kimyaçı alimlərinin diqqət mərkəzində idi. Bunların sırasında Y.Bertseliusun humus turşularının xassələri haqqında olan tədqiqatları böyük əhəmiyyətə malik idi.

Yens Yakob Bertselius (1779-1848), bu isveç alimi dövrünün ən böyük kimyaçılarından hesab edilirdi. O, dün-yanın bir çox akademiyalarının üzvü olmaqla, həm də Pe-terburq Elmlər Akademiasının da həqiqi üzvi idi. Bertselius kimyəvi birləşmələrin elektrokimyəvi nəzəriyyəsini yaratmaq-la, çox böyük dəqiqliklə 50 elementin atom kütləsini təyin et-

mişdi. Alim həmçinin daimi və bölünən nisbətlər qanununu təsdiqləmiş, elementlərin atom kütləsi cədvəlini tərtib etmiş və bir sıra elementlər kəşf edərək, kimyəvi analizlərin yeni metodlarını və lazım olan avadanlıqları yaratmışdır. O, kimyəvi elementlərin simvolunu təklif etməklə yanaşı, onların nomenklaturasını vermişdir. Torpaq kimyasında böyük marağa səbəb olan problemlərdən biri mineralların tədqiq olunmasıdır. Belə ki, ilk dəfə Bertselius «silikat» terminini işlədərək, silisiumlu mineralların tərkibində metal oksidləri ilə silisiumun 1:1, 1:2 və 1:3 olan nisbətlərini tərtib etmişdir.

Məhz bu imkan verdi ki, silikatları üç böyük qrupa ayırmaq mümkün olsun. Bu bölgü indi də öz əhəmiyyətini itirməmişdir. Bertseliusun işlərinin ikinci istiqaməti torpaqda humus turşularının öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. O, təbii sulardan iki növ maddə ayıraraq birini «kren», digərini isə «apokren» turşusu adlandırdı və oduncaqdan ayırdığı maddəyə isə humin turşusu adını verdi. Bertselius yazdığı «Kimya» dərsliyində humus maddələrinin kimyası bölməsində bitki qalıqlarının çevrilməsi, humus turşularının ayrılması və bu turşuların kalium, natrium, ammonium, barium, kalsium, maqnezium, manqan, dəmir, qurğuşun, mis, civə və gümüşlə birləşmələri haqqında dəyərli məlumatlar vermişdir. **Lakin onu da təəssüflə qeyd edək ki, müasir kimya dərslərlərində təbii üzvi birləşmələr, yəni humus turşuları, haqqında şagirdlərə və tələbələrə heç bir məlumat verilmir.**

Torpaq kimyasının inkişafının ikinci ən mühüm mərhələsi torpağın kation mübadiləsi qabiliyyətinin öyrənilməsi oldu. İngilis fermeri **Q.S.Tompson** müəyyən etdi ki $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ əlavə edilmiş torpağı su ilə yuyanda süzülən məhlulda CaSO_4 duzu olacaqdır. Bu təcrübənin nəticələri 1850-ci ildə nəşr

olundu. Tompson bu məlumatı Krallığın kənd təsərrüfatı cəmiyyətinin kimyaçısı **C.T.Ueya** verdi. Alim yubanmadan 1850-1852-ci illərdə tədqiqatlara başladı və nəticələri nəşr etdirdi. C.T.Uey aşağıda göstərilən nəticələrə gəldi.

1. Torpağa əlavə edilmiş qüvvətli turşuların Na^+ , K^+ , NH_4^+ düzləri torpaq tərəfindən udularaq məhlulda ekvivalent miqdarda kalsium duzləri yaranır və reaksiya bu cür gedir:



2. Hidroksidlər və karbonatların tərkibində olan kationlar torpaq tərəfindən tam udulur, torpaqdan kalsium və başqa anionlar sıxışdırılıb çıxarılır.

3. Qüvvətli turşuların kalsium duzləri (nitratlar, xloridlər və sulfatlar) torpaq tərəfindən udulurlar.

4. Kationlar torpağın gil hissəcikləri tərəfindən udulur, bu zaman qum və üzvi maddələrin heç bir rolu olmur.

5. Torpağın qızdırılması, yaxud hər hansı turşunun əlavə olunması kationların torpaq tərəfindən udulmasına mane olur.

6. Udulma bir anda və çox tez baş verir.

7. Əlavə olunan duz məhsullarının qatılığı artdıqca torpaq tərəfindən udulmuş kationların miqdarı da yüksəlir.

8. Udulmuş kationların dönməsi baş vermir.

9. Torpaq fosfatları udmaq qabiliyyətinə malikdir.

Əlbəttə, T.Ueyin gəldiyi nəticələrin hamısı təsdiq olunmadı. Belə ki, üzvi maddələrin torpaqdan kalsium kationunun udulmasının inkarı tamamilə səhv idi. Belə mübadilə reaksiyalarında hidrogen ionları iştirak edir ki, bu da karbonatların tamamilə udulması haqqında təsəvvür yaradır. Buna baxmayaraq Tompson və Ueyin apardıqları tədqiqat işləri indi də öz

əhəmiyyətini itirməmişdir və onların torpağın kimyasına aid olan tədqiqatları elmin müxtəlif sahələrində geniş tətbiq olunur. T.Ueyin işlərinin əhəmiyyəti o qədər böyükdür ki, Kentukki ştatındakı (ABŞ) universitetin professoru Q.Tomas onu «Torpaq kimyasının atası» adlandırmışdır.

Torpaqda ion mübadiləsi haqqında olan kəşf Ueyin müasirləri tərəfindən tam qiymətləndirilmədi. Hətta təcrübəli və yüksək erudisiyaya malik Y.Libix də bu təcrübələrin düzgün olduğuna inanmadı. İon mübadiləsinin yenidən öyrənilməsinə 30 il tələb olundu. Belə ki, 1877-1888-ci illərdə van Bemmelen sübut etdi ki, Ca^{2+} kationundan başqa, digər kationlar torpaqdan duz məhlulları vasitəsilə sıxışdırılıb çıxarıla bilər.

Yakob-Marten van Bemmelen (1830-1911) məşhur holland kimyaçısı olub, adsorbsiya təliminin əsasını qoyanlardanandır. O, təbii cisimlərin kimyası haqqında geniş tədqiqatlar apararaq, əsas obyekt kimi torpağı və suyu seçmişdir. Kolloid sistemin əsas xassələrinə istinad edərək, Bemmelen torpağın fiziki vəziyyətindən asılı olan udma qabiliyyətinin formalaşmasına xüsusi əhəmiyyət vermişdir. Onun fikrincə torpaqda olan amorf kolloid maddələri dəyişən tərkibli olduğuna görə stexiometrik qanunlara tabe olurlar. Bu cür birləşmələri Bemmelen adsorbsiyalı birləşmələr adlandırmışdır.

XIX əsrin əvvəllərində torpağın əsası-turşu xassələri haqqında təsəvvürlər inkişaf etməyə başladı. 1813-cü ildə böyük ingilis alimi, London Kral cəmiyyətinin prezidenti **Hemfri Devinin** (1778-1829) «Kənd Təsərrüfatı kimyasının əsasları» adlı kitabı işıq üzünə gördü. Bu kitabda Devi əhəngin bərk bitki materiallarını həll etməklə, bitkilərin qidalanma şəraitinin yaxşılaşdırılmasında və torpaq strukturunun yaranmasında xüsusi rolu olduğunu qeyd edirdi. O, turşu ilə torpağa

təsir etməklə kalsium karbonatın təyin edilməsini təklif edirdi. Amerika tədqiqatçısı E.Ruffin Amerika torpaqlarında bu üsuldan istifadə edərək belə nəticəyə gəlmişdir ki, əhəngləmə torpaq turşuluğunu neytrallaşdırma bilər. E.Ruffinin «Əhəngli gübrələr haqqında etyüdlər» kitabında (1932) torpaq turşuluğu haqqında maraqlı məlumatlar vardır.

Torpaq kimyasının inkişafının üçüncü istiqaməti bitkilərin mineral qidalanma nəzəriyyəsidir ki, bu da Y.Libixin adı ilə bağlıdır. **Yustas fon Libix** (1803-1873) torpaq kimyasının nəzəri və təcrübi inkişafında çox böyük rolu olmuşdur. Libixin maraqlı dairəsi hərtərəfli idi. Belə ki, onu gah üzvi kimya, gah da qeyri-üzvi kimya mütəxəssisi kimi qələmə verirdilər. Əslində isə onun fiziologiya, biokimya və aqrokimya sahəsində olan fikirləri indi də öz əhəmiyyətini itirməmişdir. Belə ki, Libix kalium və fosfor tərkibli duzların qumsal torpaqlarda bitkilərə təsiri haqqında saysız-hesabsız təcrübələr aparmışdır. Onun 1940-cı ildə nəşr etdirdiyi «Üzvi kimyanın əkinçilik və fiziologiyaya tətbiqi» kitabında göstərir ki, bitkilərin inkişafı üçün nəinki karbon, oksigen, hidrogen, azot lazımdır, həmçinin fosfor, kalium, kalsium, kükürd, maqnezium, dəmir, hətta silisium da vacibdir. Libix aqrokimyanın nəzəri problemlərini öyrənməklə kifayətlənmədi, natrium və kalium karbonatın əridilməsi əsasında süni gübrələr hazırladı. Libixin çəkdiyi zəhməti təkcə bitkilərin mineral qidalanmasına və gübrələrin tətbiqinə aid etsək insafsızlıq olardı. Belə ki, onun işlərinin torpaq kimyasının inkişafına böyük təsiri oldu. Xüsusilə elementlərin bitki orqanlarına daxil olması bu elementlərin torpaqda hərəkət mexanizmi, «torpaq-torpaq məhlulu» sisteminə kimyəvi tarazlığın öyrənilməsində böyük rol oynadı.

Rusiyada torpaq kimyasının öyrənilməsi barədə tədqiqatlar əsasən XVII əsrə aiddir. Burada **M.V.Lomonosov** (1711-1765) xidmətlərini xüsusi olaraq qeyd etmək lazımdır. Onun elmi ədəbiyyata gətirdiyi «qara torpaq» termini nəinki torpaqların təyini edilməsində, həm də «çürüntü»nün sinonimi kimi də istifadə edilir. M.V.Lomonosov çürüntünün əmələ gəlməsini izah etmiş və onun torpaqda toplanma sxemini təsvir etmişdir. Torpaqda üzvi maddələrlə yanaşı, düzların toplanması və münbitliyin yaranmasında rolunu müəyyənləşdirmişdir. Onun ideya və planları əsasında 1755-ci ildə Moskva Dövlət Universiteti yaradıldı. Heç də təsadüfi deyildir ki, bu ali məktəb ocağında aqronomik-torpaq tədqiqatlarının başlanmasını 1770-ci ildən hesablayırlar. Hansı ki, bu haqda müəhazirəni professor M.İ.Afonin (1739-1810) deyirdi. Bu alim torpağın kimyəvi xassələrinə xüsusi diqqət verirdi. O, humusun əmələ gəlmə mexanizmini «ot və bitki» qalıqlarına suyun, atmosfer havasının və torpaqda yaşayan canlı orqanizmlərin təsiri ilə baş verdiyini izah edirdi. «Qaratorpaq»ları təsnif edərək onların yüksək turşuluğunu göstərir və yandırılmış torfun çox yaxşı gübrə kimi istifadə olunmasını məsləhət bilirdi.

XIX əsrin əvvəllərində Qərbi Avropa tədqiqatçıları ilə demək olar ki eyni zamanda, bitkilərin humus və mineral maddələrlə qidalanması haqda aparılan təcrübələr torpaq kimyasını daha da inkişaf etdirdi. Belə ki, 1825-ci ildə Moskva Universitetinin professoru M.Q.Pavlovun (1793-1840) «Əkinçilik kimyası», 1837-ci ildə isə «Kənd təsərrüfatı kursu» adlı kitabları buna gözəl sübut idi.

Torpaq humusunun kimyəvi tərkibi haqqında ilk dərin tədqiqatlar həmin universitetin kimyaçısı **R.Germana** məxsusdur. Hansı ki, öz sələfləri və müasirləri Bertselius və Mul-

derlə müqayisədə çox irəli getmişdir. O, torpağın kimyəvi tədqiqatlarını daha da təkmilləşdirdi. Daha doğrusu əvvəlcə təklif olunan humus maddələrinin 195°C -də qurudulmasını (belə temperaturda humusun strukturu pozulurdu) 100°C -də aparmağı məsləhət gördü. Alim qaratorpaqların humusunu xarakterizə etmək üçün su çöküntüsündən və natrium karbonat məhlulundan istifadə etdi. Bundan başqa o, həll olmayan torpaq qalıqlarında karbonun miqdarını təyin etməyi lazım bilirdi. Məhz bu təyin etmə humusun keyfiyyət tərkibinin müasir üsulla öyrənilmə metoduna çox yaxın idi. R.Germannın tədqiqatlarının nəzəri nəticələrinə humus maddələrinin müxtəlif növlü olması və humuslaşmış üzvi maddələrin təsnifatında üç yeni sinifli birləşmələrin müəyyən edilməsi idi:

- a) çürüntü məhsulları;
- b) kömür əmələgəlmə prosesi məhsulları;
- c) bitki qalıqlarında vulkanik kül məhsulları.

Humusun tərkibində azotun oynadığı konstitusion rol ideyası da məhz A.Germana məxsusdur. Hansı ki, Mulder azotun humus maddələri tərkibində yalnız ammonium formasında olduğunu təkid edirdisə, German azotun oksigenlə birləşib kovalent rabitə yaratdığını sanballı dəlillərlə sübut edirdi. O, təcrübələrdə izah edirdi ki, uzun müddət əkilib-becərilən qaratorpaqlarda çürüntünün miqdarı xam torpaqla müqayisədə 17-25% azalır. R.Cerman humusdan əlavə bu torpaqlarda silisiumun, dəmir oksidlərin, əhəngin, maqneziumun, rütubətin və fosfor turşularının miqdarını da təyin etmişdi.

Torpağın mənşəyi məsələsinin həllində, qanunauyğunluqların müqayisəsində, coğrafi yayılmalarında, düzgün istifadə olunmasında genetik torpaqşünaslığın əsasını qoyan **V.V.Dokuçayev** (1846-1903) onun kimyəvi xassələrindən ge-

niş istifadə etmişdir. Onun əsərlərində qaratorpaqlar, eləcə də digər torpaqların kimyəvi tərkibi haqqında ətraflı məlumatlara rast gəlmək olar. O, torpaqda üzvi maddələrin miqdarından başqa K_2O , Na_2O , CaO , MgO , Mn_2O_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CO_2 , N , P_2O_5 , SO_3 oksidləri və $NaCl$, $CaCO_3$ duzları haqqında qiymətli məlumatlar vermişdir. Bu torpaq analizləri əsasən Petrov əkinçilik və meşəçilik akademiyasında, həmçinin D.İ.Mendeleyevin rəhbərliyi altında Peterburq Universitetinin laboratoriyalarında aparılırdı.

D.İ.Mendeleyevin (1834-1907) kənd təsərrüfatı problemlərinə böyük marağı olduğunu xüsusi qeyd etmək lazımdır. Bu öz əksini onun kənd təsərrüfatı obyektlərində apardığı çox saylı və müxtəlif kimyəvi analizlərində, qoyduğu tarla təcrübələrində və V.V.Dokuçayevin Universitetdə Torpaqşünaslıq kafedrasının yaradılması təşəbbüsünün qatı tərəfdarı olmasında göstərmişdi. Heç də təsadüfi deyildir ki, Dokuçayev öz əsərlərində həmişə Mendeleyevin işlərində olan nəticələrə istinad etmişdir. Torpaqda çoxlu sayda kimyəvi analizlər aparılan Mendeleyev belə nəticəyə gəlir ki, dəqiq təhlillərdən müxtəlif təsadüflər gözləmək olur.

XX əsrdə və XXI əsrin ilk onilliyində aparılan tədqiqatlar

XX əsrin əvvəllərində torpaq kimyası istiqamətində çox iri həcmli işlər aparıldı. Bunlara torpaq turşuluğu problemini, torpağın udma qabiliyyəti məsələlərini, torpaq məhlulu haqqında olan tədqiqatları, humifikasiya prosesinin kimyəvi və biokimyəvi əsaslarını aid etmək olar.

Torpaq tərşuluğunun təbiəti haqqında Amerika alimi **T.P.Veyts** (1904) və Yapon alimi **Q.Daykuxara** (1914) mükəmməl tədqiqat işləri aparıb və nəşr etdirmişdilər. Bu alimlərin tədqiqatlarının nəticələri indi də müzakirə obyektinə hesab edilir. Məşhur rus alimi **V.A.Çernov** da (1901-1960) torpaq tərşuluğu haqqında fundamental tədqiqatlar aparmışdır. Onun «Torpaq tərşuluğunun təbiəti» barədə yazdığı kitabında çox məharətlə apardığı kimyəvi analizlərlə sübut etmişdir ki, tərş torpaqların əksəriyyətində mübadiləvi Al^{3+} üstünlük təşkil edir, mübadiləvi H^+ isə yüksəkhumuslu və torflu torpaqlar üçün xarakterikdir.

V.A.Çernovun tədqiqatlarının ikinci mühüm istiqaməti torpaqda olan duzların diffuziya prosesi ilə əlaqəli hərəkəti hesab edilir. Onun işləri ilə sübut olunmuşdur ki, FİK qanununu birbaşa torpaqda ionların diffuziya prosesinə tətbiq etmək mümkündür. Bunu torpaqda Cl^- və NO_3^- anionlarının təmsalında daha yaxşı başa düşmək olur.

Torpağın udma qabiliyyətinə **Aleksey Nikolayeviç Sabanin** də (1847-1920) çox maraqlı tədqiqatlar həsr etmişdir. Onun maraqlı dairəsi çox geniş idi. Belə ki, torpağın istilik xassələrinin kimyəvi tərkibinə təsiri haqqında və humin tərşularının öyrənilməsində alimin xidmətləri misilsizdir. Onun torpağın qranulometrik tərkibinin və humusun təyini haqqında olan modifikasiyaları indi də istifadə olunur.

Böyük torpaqşünas, aqrokimyəçi, fiziko-kimyəçi alim olan **Konstantin Kaetanoviç Hedroyts** (1872-1932) torpağın kimyəvi analiz üsullarını və ümumiyyətlə torpaq kimyasının fundamental əsaslarını yaratdı. O, 1897-ci ildə Peterburq Məşəçilik İnstitutunu, 1903-cü ildə isə Peterburq Universitetini vaxtından əvvəl bitirmiş və hərtərəfli təhsil almışdır. Onun ilk

tədqiqatı torpaq məhlulunun qatılığı və temperaturuna həsr olunmuşdu. Hedroyts torpağın kimyəvi xassələrini idarə etməklə, onun münbitliyini yüksəltmək və kənd təsərrüfatı bitkilərinin keyfiyyətini, məhsuldarlığını artırmağa cəhd edirdi. K.K.Hedroyts 1908-ci ildən başlayaraq torpaqşünaslıqda kolloidlər kimyasının məsələlərinə dair silsilə əsərləri nəşr etdirdi. 1922-ci ildə isə «Torpağın udma qabiliyyəti haqqında təlim» kitabını nəşr etdirməklə bütün dünya elminə öz töhvəsini verdi. O, bu əsərində torpağın udma qabiliyyətinin mü-kəmməl təsnifatını verdi və təcrübələri ilə udulmanın mühüm qanunauyğunluqların çoxu torpaq kimyasında əsas qanunlara çevrildi. Məsələn, 1911-ci ildə onun nəşr olunmuş bir məqaləsində belə maraqlı problem müzakirəyə verilmişdi: «Fosforitlər hansı torpaqda yaxşı təsir göstərir? Əsaslarla doymuş, yaxud doymamış torpaqlarda?» Məhz bu problemin həllini torpağın verdiyi iqtisadi səmərəliliklə əlaqələndirirdi. Hansı ki, biz indi anlayırıq, əsaslarla doymamış torpaqlar potensial turşuluğa malikdirlər. Hedroytsin işlərinin analizi göstərir ki, təcrübə ilə sıx əlaqə nəzəri problemlərin həllini sürətləndirir və təbiətdə yeni qanunauyğunluqların kəşfinə səbəb olur.

Torpağın gübrələrə tələbatı problemlərinin həllində, müxtəlif qida elementlərinin bitkilərə daxil olması və kimyəvi meliorasiya haqqında Hedroytsin misilsiz xidmətləri olmuşdur. O, 1925-ci ildə torpaq təsnifatının prinsiplərini udulmuş kationların tərkibinə və torpağın uducu kompleksinin xüsusiyyətlərinə görə əsaslandırma bildi. Şoranların genezisinin fiziki-kimyəvi hipotezini işlədi. Mübadiləvi kationların bitkilərə təsirini öyrənərək, nəinki ənənəvi makroelementləri – Ca, Mg, Na, K, H, Al, həm də mikroelementlərə və ağır metallara aid olan – Pb, Cu, Cd, Ba, Sr, Co, Ni, Mn, Fe təsir mexanizmini

araşdırdı. Bu işləri ilə Hedroyts torpaqda mikroelementlərin və ağır metalların normalaşdırma metodologiyasının əsasını qoydu, hansı ki, bu XX əsrin 50-70-ci illərində torpaq kimyasında böyük problem hesab edilirdi. 1923-cü ildə işıq üzü görən «Torpaqların kimyəvi analizi» kitabı torpaq və aqro-kimyəvi laboratoriyaların stolüstü kitabına çevrildi. Baxmayaraq ki, indi müasir, təkmilləşmiş analiz avadanlıqları və üsulları mövcuddur, yenə də Hedroytsın bu kitabı torpaqşünasların daima istifadəsindədir.

XX əsrin ilkin onilliklərində isveçrə alimi **Q.Viqner** (1883-1935) və isveç alimi **S.E.Matson** (1886-1945) torpağın kolloid kimyasına və ion mübadiləsinə aid nəzəriyyələrin inkişaf etdirilməsində böyük xidmətləri olmuşdur. 1912-ci ildə Viqner torpaqda ion mübadiləsinə aid ilk məqaləsini nəşr etdirir və bundan sonra özünün bütün ömrünü torpaqda kolloid sistemin xassələrini və kationların mübadiləsi qanunauyğunluqlarının öyrənilməsinə həsr etmişdir. O, ionmübadiləsinə ekstramitsel və intramitsel ideyalarını inkişaf etdirərək, suspenziya effektini (Viqner effekti) tədqiq etmiş, torpaq kolloidlərinin pıxtalaşma prosesinin riyazi analizini vermişdir.

S.E.Matsonun işlərinin əsasını torpaqların kolloid sisteminə asidoidlər, bazoidlər və amfolitoidlərin rolu təşkil edir. Matson hesab edirdi ki, bu cür yanaşma «iki tip aşınmanın podzol və laterit tipli torpaqların yaranması ilə nəticələnir». Viqner və Matsonun bu cür baxışları torpaq kimyasının xüsusi bölməsi sayılan kolloidlər və kationların mübadiləsi probleminin həllində böyük rol oynadı.

Yevgeni Nikitiç Qapon (1904-1950) – torpaqların fiziki-kimyəvi problemlərinin öyrənilməsində böyük mütəxəssis hesab edilir. Onun atmosfer azotunun fiksasiya olunması və

torpaq kolloidlərinin quruluşu haqqında çox original işləri olubdur. Ən məşhur tədqiqatı torpaqda ion mübadiləsinin qanunauyğunluqları hesab edilir. O, torpaqda kationların mübadiləsinin izoterm xarakterini izah etmiş və dünya alimləri tərəfindən qəbul edilmiş tənlik (Qapon tənliyi) təklif etmişdir.

İvan Nikolayeviç Antipov-Karatayev (1888-1965) torpaq kimyası və fiziki-kimyası sahəsində ən görkəmli tədqiqatçı kimi qəbul edilmişdir.

Şorlaşmış torpaqların kimyəvi meliorasiyasının əsasını qoyanlardan hesab edilir. Kationların torpağın uducu kompleksi ilə qarşılıqlı reaksiyalarında adsorbsiya və xemosorbsiya hadisələrinə Antipov-Karatayev çox böyük əhəmiyyət verirdi. Qələvi və qələvi-torpaq metallarından başqa bu prosesdə Hg, Cu, Pb və başqa ağır metalların da rolunu öyrənmişdir. Antipov-Karatayev torpaqda elektrodializ və elektroliz metodlarını yenidən işlədi və dinamik şəraitdə adsorbsiya prosesinin öyrənilməsinin original metodikasını təklif etdi. Torpaq məhlulünün ayrılma üsulları, rentgenquruluşu və termiki təhlilləri birbaşa onun adı ilə bağlıdır.

Antipov-Karatayev ion mübadiləsində torpaq kolloidlərinin peptizasiyası və koaqulyasiyasını tədqiq edərək, aqronomiki qiymətli strukturanın yaranmasının nəzəri həllini göstərdi. Şoranların mənşəyinin və coğrafi yayılmalarının nəzəri əsaslarını işləyərək, təsnifatını və diaqnostikasını müəyyənləşdirdi və buna müvafiq dəmyə və suvarılan torpaqlarda meliorativ üsullar təklif etdi.

Bu işlərin yekunu olaraq 1953-cü ildə onun elmi redaktəsi ilə «Şoranların meliorasiyası» monoqrafiyası nəşr olundu.

Nil Petroviç Remezov (1899-1961) çox hərtərəfli və qabiliyyətli alim idi. Torpaqda oksidləşmə-reduksiya proses-

lərinin öyrənilməsini yetərincə inkişaf etdirmişdir. Torpaqların genezisinə və elementlərin bioloji dövrünə aid 100-dən artıq elmi əsərlər onun qələminin məhsuludur. Onun elementlərin bioloji dövrünü haqqında tədqiqatları dünya alimləri tərəfindən qəbul edilmiş və torpaqşünaslıq elmində yeni istiqamət sayılmışdır. Bundan başqa N.P.Remezov torpağın turşuluğunu, buferlik qabiliyyətini, oksidləşmə-reduksiya xassələrini, əhənglənməsini, üzvi maddələrinin tərkibini, mübadilə kationlarını və s. tədqiq etmişdir. Torpaq kimyasına qarşı marağını o ömrünün sonunadək saxlamışdır. Remezovun 1957-ci ildə işıq üzü görən «Torpaq kolloidləri və torpağın udma qabiliyyəti» monoqrafiyası indi də öz əhəmiyyətini saxlamaqdadır.

Evdokiya Vasilyevna Arinuşkina (1899-1994) elm aləmində məşhur kimyaçı-torpaqşünas kimi qəbul edilmişdir. Onun tədqiqatları əsasən torpaq mikroelementlərinin öyrənilməsinə və torpağın kimyəvi analizlərinin sistemləşdirilməsinə həsr edilmişdir. Torpaq-bitki sistemində mikroelementlərin vəziyyəti, birləşmə formaları və dinamikası onun işlərinin əsasını təşkil edirdi. 1949-cu ildə nəşr olunmuş «Torpaq və qruntların kimyəvi analiz üsulları» tədqiqatçıların və tələbələrin stolüstü kitabına çevrildi.

İvan Serqeyeviç Kauriçyev torpaqda N.P.Remezov tərəfindən başlanılmış oksidləşmə-reduksiya proseslərinin tədqiqi suvarma və meliorasiya işlərinin geniş inkişafı ilə əlaqədar olaraq professor Kauriçyev iki aspektdə daha da təkmilləşdirdi. Birincisi oksidləşmə-reduksiya rejimini tiplərə ayırmaqla onun torpağın xassələrinə və elyuvial-qleyli proseslərin inkişafına təsirini müəyyənləşdirmək oldu. Məhz onun bu istiqamətdə apardığı tarla və laboratoriya tədqiqatları əsaslı nəzəri nəticələrlə yekunlaşdı. İlk dəfə İ.S.Kauriçyev oksidləş-

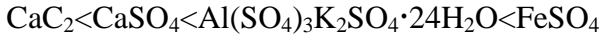
mə-reduksiya rejiminə görə torpaqları qruplaşdırdı və elyuvial-qleyli prosesin konsepsiyası əsasında bir sıra torpaq formalarını təklif etdi.

Onun işlədiyi ikinci aspekt isə oksidləşmə-reduksiya şəraitinin dəyişkən valentli kimyəvi elementlərin transformasiyasına təsiri oldu. Kauriçyev və onun yetirmələri torpağın oksidləşmə-reduksiya potensialı ilə oksidləşmə vəziyyətində olan elementlərin əmələ gətirdikləri birləşmələrin mövcud olma sərhədinin son həddini və reaksiya tiplərinin oksidləşmə potensialının dəyişməsi ilə əlaqəli olduğunu sübut etdilər. Bu tədqiqatlar bir çox kimyəvi elementləri, o cümlədən Mn, Fe, S, N, Cu, Cr, Se və fosfor birləşmələri, üzvi birləşmələri əhatə edirdi. Tədqiqatların nəticələri imkan verdi ki, kimyəvi maddələrin tətbiqi və aqrotexniki tədbirlərin həyata keçirilməsi oksidləşmə şəraitinə uyğun nizamlansın. İ.S.Kauriçyev bir çox xarici ölkə alimlərinin və özünün bu sahədə olan tədqiqatlarını ümumiləşdirərək «Oksidləşmə-reduksiya proseslərinin torpağın genezisində və münbitliyində rolu» monoqrafiyasını nəşr etdirdi.

Bu kitabın müəllifi iki dəfə professor İ.S.Kauriçyev işlədiyi TKTA-da müəllimlərin təkmilləşdirilməsi kursunda olmuş və onun maraqlı mühazirələrini dinləmişdir. Onun oksidləşmə-reduksiya prosesləri haqqında olan mühazirələrində başqa qruplardan da çoxlu dinləyici iştirak etdiyinə görə oturmağa yer tapılmırdı. Professor Kauriçyevin redaktəsi ilə dəfələrlə təkrar nəşr olunmuş «Torpaqşünaslıq» dərsliyini bütün dünya torpaqşünasları qəbul etmiş və uyğun ali məktəblərdə indi də tədris edilir. Hər dəfə kursu bitirərkən mənim buraxılış işimin elmi rəhbəri professor İ.S.Kauriçyev olmuşdur. O,

gözəl insan, qayğıkeş müəllim və təkraredilməz alim idi. Hər bir dinləyiciyə fərdi yanaşmağı bacarırdı.

Serqey Vladimiroviç Zonn (1902-2002) çox dərin bilikli, hərtərəfli tədqiqatçı, aktiv alim və elmin yorulmaz təşkilatçısı idi. Meşə və tropik torpaqşünaslığın nailiyyətləri onun adı ilə bağlıdır. Bütün materiklərin torpaqları haqqında olan dərin biliyi əsasında təsnifat, coğrafiya, genezis və torpaqəmələgəlmənin mexanizmi haqqında original hipotezlər irəli sürdü. O, tarla təcrübələri vasitəsilə bir sıra duzların torpağın uducu kompleksindən mübadiləvi natriumun çıxarılması mexanizmini işlədi:



Bu tədqiqatlar şoranlar haqqında aparılan sonrakı çoxsaylı elmi işlərin başlanğıcı oldu. S.V.Zonn torpaq kimyasında ayrı-ayrı elementlərin roluna aid monoqrafiyalar yazdı. Məsələn, 1982-ci ildə «Dəmirin torpaqda rolu» və 1992-ci ildə isə «Alüminiumun torpaqəmələgəlməsində rolu və bitkilərə təsiri» kitabları işıq üzü gördü.

İvan Vladimiroviç Tyurin (1892-1962) görkəmli torpaqşünas-genetik və torpaqşünas-kimyəçi idi. O, torpağın üzvi maddələri haqqında olan baxışlar sistemini yaratdı və humusu təbiətin yüksək molekullu maddələr qrupuna aid edərək, onun əmələgəlməsini bioloji proseslərlə əlaqələndirdi.

V.İ.Tyurin torpaqda karbonun və azotun üzvi birləşmələrinin təyinedilmə metodunu işlədi. İndi də bütün dünya laboratoriyalarında torpaqda humusu onun metodikası ilə təyin edirlər. O, torpaqda azot fondunun istifadəsinin mühüm prinsiplərini formalaşdırdı. 1927-ci ildə Vaşinqton şəhərində keçirilən ümumdünya torpaqşünaslar cəmiyyətinin I Beynəlxalq konqresində torpaq kimyasına aid çox sanballı məruzə ilə

çıxış etdi. Onun «Torpağın üzvi hissəsi və onun torpaqəmələgəlməsində, münbitliyin yaranmasında rolu» monoqrafiyası torpaqda üzvi maddələrin mənbəyinə və humuslaşma prosesinə həsr olunmuşdur. Tyurin öz yetirmələrilə ilk dəfə olaraq humusun fraksiyon tərkibini və torpaq humusunun keyfiyyət xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirdi. Onlar torpaq humusunun başlıca komponentlərinin humin turşuları, fulvoturşuları və huminlər olduğunu sübut etdilər. Məhz bu konsepsiya əsasında aydınlaşdı ki, torpaq humusunun tərkibinin dəyişilmə qanunauyğunluğu torpaq tiplərindən asılıdır. Tyurin müəyyənləşdirdi ki, humin turşularının fulvo turşularına nisbəti ($C_{ht}:C_{ft}$) torpaqəmələgəlmə amili kimi çıxış edir. Bu turşuların nisbəti torpaq diaqnostikasının və təsnifatının əlaməti kimi qəbul edildi.

Mariya Mixaylovna Kononova (1898-1979). Torpağın üzvi maddələri haqqında ən görkəmli tədqiqatçı hesab edilir. Onun apardığı elmi işlərin yekunu «Torpağın humus problemi və onun öyrənilməsinin müasir məsələləri» monoqrafiyasında öz əksini tapmışdır. Eləcə də, başqa bir monoqrafiyası «Torpağın üzvi hissəsi, onun təbiəti, xassələri və öyrənilmə üsulları» humuslaşma prosesinin yaranma sxeminə həsr edilmişdir. Sxemdə əsasən ilkin bitki qalıqlarının heyvanların və mikroorqanizmlərin təsiri ilə çevrilmə mərhələləri təsvir edilmişdir. Kononovanın bu baxışları bütün dünya ölkələrinin alimləri tərəfindən qəbul edilmişdir. Onun tədqiqatlarının xarakterik xüsusiyyətlərinin əsasını coğrafi qanunauyğunluqlar probleminin həlli və humus əmələgəlməsinin biokimyəsi təşkil edirdi. M.M.Kononovanın kitabları dövlət mükafatına layiq görülmüş və İngiltərə, Almaniya, Polşa, Yaponiya, Çin və başqa ölkələrdə nəşr olunmuş və bir çox dillərə tərcümə edilmişdir.

Vera Vladimirovna Ponomaryeva (1908-1978) – müxtəlif tip torpaqların tərkibinin, xassələrinin, humusun miqdarının genezis və münbitliklə hansı rabitədə olma təliminin əsasını yaratdı. O, qara, şabalıdı, boz-meşə, qonur-meşə, podzol və başqa torpaq tiplərində profildə humusun formalaşma prosesini öyrənmişdir. Torpaqəmələgəlmənin mahiyyətində biokimyəvi təsvirlərin inkişafına əsaslanaraq, podzol əmələgəlmə prosesinin original konsepsiyasını irəli sürdü. Ponomaryevanın metodiki işləri dünya mütəxəssisləri tərəfindən rəğbətlə qarşılanmışdır. Humusun qrup və fraksiyalar üzrə tərkibinin təyin olunma metodları indi də tədqiqatçılar tərəfindən çox geniş istifadə olunur.

Lyudmila Nikolaevna Aleksandrova (1908-1983). Torpaqda üzvi-mineral maddələrin qarşılıqlı təsir mexanizmi haqqında fundamental tədqiqatlar aparmışdır. O, humus maddələrinin metal kationlara, hidrokislərlə, alümosilikatlarla qarşılıqlı təsir nəzəriyyəsini işləyərək, humus turşularının üzvi-mineral təsnifatını yaratdı. Daha sonra humin maddələrinin torpaqda bərkimə mexanizmini aydınlaşdırdı. 1966-cı ildə Aleksandrova humuslaşma prosesində yeni hipotez irəli sürdü. Bunun mahiyyətində turşuların yaranması azotlu molekulların formalaşması və yeni humus turşularının transformasiyası dururdu. Çoxillik nəzəri və eksperimental təcrübələrin yekunu olaraq 1980-ci ildə «Torpağın üzvi maddələri və transformasiya prosesləri» monoqrafiyası mütəxəssislərin töhvəsi oldu.

Yan Voldemaroviç Peyve (1906-1976) – torpaqşünaslıqda yeni mikroelementlərin biokimyəsi istiqamətinin əsasını qoymuşdur.

Hələ 30-cu illərdə bor, mis və başqa mikroelementlərinin kətan bitkisinin məhsuldarlığına təsirini öyrənmişdi. Bu problemin ən aktiv işlənmə dövrü 1946-1958-ci illərdə onun yaratdığı torpağın biokimyası və mikroelementləri laboratoriyasında oldu. Y.V.Peyve mikroelementlərin profildə yayılmasını və miqdarını, torpaq əmələgəlmə prosesi və kimyəvi elementlərin xüsusiyyətləri ilə əlaqələndirirdi. Bunun əsasında isə torpaqda mikroelementlərin idarəolunma qanunauyğunluqlarını aydınlaşdırdı. Bütün bu işlərin yekunu «Torpağın biokimyası» monoqrafiyasında öz əksini tapdı. Bundan başqa Y.V.Peyve torpaqda mütəhərrik kalium birləşmələrinin, alüminiumun, humuslu maddələrin və bir çox mikroelementlərin təyin edilməsinin yeni metodları torpaq kimyası elminə töhvə verdi.

Bu dövrlərdə alimlər torpaqda mikroelementlərin bitkilər üçün vacib olan forma və miqdarının təyini üsullarını öyrəndilər. Xüsusilə torpaq profilində mikroelementlərin müxtəlif birləşmələrini, miqrasiya və akkumulyasiya qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi torpaq kimyasının inkişafına böyük təkan verdi.

Ümumiyyətlə, XX əsr və XXI əsrin birinci onilliyində Moskva Dövlət Universitetində kimyaçı-torpaqşünasların bu elmin inkişafında böyük xidmətləri olmuşdur. Bunlardan N.Q.Zırin, M.A.Qlazovskaya, V.Q.Mineyev, F.A.Tixomirov, D.S.Orlov, L.A.Qrişina, Q.V.Dobrovolski, Q.V.Motuzova, L.K.Sadovnikova və başqalarını göstərmək olar.

Azərbaycanda torpaq kimyasının inkişafı

Azərbaycanın elmi tarixində xüsusi yer tutan **Həsən bəy Zərdabi** (1837-1907) öz elmi dünyagörüşünün çoxşahəli olması ilə fərqlənir. O, XIX əsrin ikinci yarısı və XX əsrin əvvəllərində Azərbaycanda torpaqşünaslıq haqqında bir sıra elmi məsələləri əsil alim kimi inkişaf etdirmişdir. Onun torpaq haqqındakı fikirləri öz dövründəki torpaqşünaslıq elminin yüksək səviyyəsində yazılmış, elmin müasir nailiyyətləri sırasında mühüm əhəmiyyət kəsb edir. H.M.Zərdabinin torpaqşünaslıq haqqındakı fikirləri əsasən torpaq kimyası bölməsini əhatə etməklə, dağ süxurlarının aşınma prosesindən, torpaq-əmələgətirən amillərin rolundan, elementlərin torpaq əmələgəlmə prosesində iştirakından, torpağın fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərindən, münbitliyindən, torpaq analizlərindən, əlverişsiz torpaqları yaxşılaşdırmaq üçün müvafiq tədbirlərdən (qranulometrik tərkibi dəyişmək, şoran torpaqların meliorasiyası, bataqlıq torpaqları yaxşılaşdırmaq, torpaq eroziyasının qarşısını almaq, meşə meliorasiyası və s.), daha sonra torpağın aqroistehsalat keyfiyyətindən, növbəli əkin sistemini tətbiq etməklə torpağı qida elementləri ilə zənginləşdirmək üçün düzgün şumlamadan, peyin, quş zılı, çay lili və s. ilə gübrələməklə onu daha da gücləndirməkdən ibarətdir. H.M.Zərdabinin bu fikirləri «Əkinçi» (1875-1877) və «Kaspi» (1899-1903) qəzetlərində dərc etdirdiyi məqalələrində və «Torpaq, su və hava» adlı kitabında verilmişdir. Onun torpaq kimyasına aid ən mü-tərəqqi fikirlərindən biri seçilmiş əsərləri səh.164-də yazırdı: «Hər əkinçiyə vacibdir ki, öz torpağının xüsusiyyətlərini bilsin. Bunu isə yalnız imtahan, yəni analiz etməklə bilmək olar». O, hər şeydən əvvəl torpağın qranulometrik tərkibini,

torpaqdakı rütubətin, üzvi hissənin, karbonatların miqdarını təyin etməyi zəruri hesab edirdi.

Bütün inkişaf etmiş dünya ölkələrində olduğu kimi, Azərbaycanda da torpaqların mənşəyi, diaqnostikası, sistematikasını və yayılması qanunauyğunluqlarının dəqiqləşdirilməsi, torpaqşünaslıq elminin bir sıra yeni nəzəri və tətbiqi sahələrinin inkişaf etdirilməsi problemini ortaya qoyurdu.

Torpaqlarda gedən kimyəvi proseslərin mahiyyətinin açıqlanması və öyrənilməsi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Torpaqşünaslıq və Aqrokimya İnstitutunda torpaqların kimyası laboratoriyasının yaradılması zərurətini doğurdu. Belə ki, 1959-cü ildə torpaqların kimyası laboratoriyası təşkil edildi.

Torpaqların kimyası laboratoriyası öz tədqiqatlarında torpaqlarda gedən kimyəvi, fiziki-kimyəvi məsələləri öyrənməklə, Azərbaycanın ayrı-ayrı regionlar üzrə torpaqların lil fraksiyalarının mineraloji tərkibi və mikromorfoloji xüsusiyyətləri ilə yanaşı, yüksək dispers mineralların xüsusiyyətlərini, onların kimyəvi tərkiblə bilavasitə asılılığı qanunauyğunluqlarını da müəyyən etməyə çalışmışdır.

Torpaq mineralogiyası sahəsində aparılan bu tədqiqatlar 1975-ci ildə torpaqların kimyası və mineralogiyası laboratoriyasının təşkil edilməsinə səbəb oldu. 1976-1993-cü illərdə laboratoriyanın rəhbəri k.t.e.d., prof. **İsgəndər Şahbala oğlu İsgəndərov** olmuşdur.

Torpaqların mineraloji tərkibinin öyrənilməsinə dair o dövrdə qədər aparılan ayrı-ayrı tədqiqatlar epizodik xarakter daşımaqla fundamental və tətbiqi mineralogiyanın nəzəri və praktiki problemlərini özündə əks etdirmişdir.

1975-ci ildən başlayaraq laboratoriyada Azərbaycan torpaqlarının lil fraksiyalarının mineraloji, mikromorfoloji xüsusiyyətləri və onların ana süxurlar ilə əlaqəsinə dair sanballı tədqiqat işlərinin aparılmasına başlanmışdır.

Tədqiqatların nəticəsində hər bir torpaq tipinə dair mineraloji tərkib müəyyənləşdirilmiş, mikromorfoloji xüsusiyyətlərdən asılı olaraq torpaqlarda gedən proseslərin istiqaməti və torpaqəmələgəlmənin mahiyyəti öyrənilmişdir.

İlk dəfə olaraq Kür-Araz ovalığı torpaqlarının mineraloji, mikromorfoloji tərkibinə dair tədqiqatlar aparılmış, tədqiqatdarda gedən kipləşmə, qaysaq əmələgəlmə proseslərinin mahiyyətinin açılmasına, sintez-prosintez prosesləri ilə bağlı dispers xassələrin formalaşmasına, torpaq daxili mineral əmələgəlmənin və yeni üzvi-mineral birləşmələrin mahiyyətinin açılmasına dair tədqiqat işləri aparılmışdır.

Respublikamızın rütubətli subtropik zonasında və Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsində əsas torpaq tiplərində hidrotermik rejimdən asılı olaraq mineralların aşınma qabıqlarının xüsusiyyətləri ilə bağlı torpaqların mineraloji və ümumi kimyəvi tərkibləri öyrənilmiş, ilk dəfə hündürlük qurşaqlarından asılı olaraq aşınmanın faza, stadiyaları və tipləri müəyyənləşdirilmişdir. Torpaqlarda minerallaşmanın nəzəri məsələləri ilə yanaşı, tətbiqi sahələrinə də geniş yer verməklə makro və mikroelementlərin mineralların tərkibindən asılı olaraq torpaqda miqdarı müəyyənləşdirilmiş, bir sıra digər qeyri-ənənəvi torpaq yaxşılaşdırıcılardan istifadə etməklə torpaqların münbitliyinə, ekoloji təmiz və sabit kənd təsərrüfatı məhsullarının əldə edilməsinə təsiri öyrənilmişdir.

Hal-hazırda laboratoriyada Azərbaycanın əsas torpaq tiplərində lil minerallarının yayılma qanunauyğunluqlarını bir

sıra müasir diaqnostik və instrumental metodlarla öyrənilməsi davam etdirilir. Laboratoriyada həmçinin qeyri-ənənəvi mineral ehtiyatlardan istifadə etməklə torpaqların münbitliyinin bərpası, torpaqların xassələrinin yaxşılaşdırılması, onların torpaqların fosfor rejiminə və mütəhərrik fosforun mənimsənilməsinə təsiri məsələləri tədqiq edilir. İlk dəfə olaraq torpaqların geoloji tarixindən və torpaqda gedən aşınma, deqradasiya, təkamül proseslərindən asılı olaraq Azərbaycan torpaqlarında narın dispers mineralların yayılma qanunauyğunluqlarını əks etdirən xəritələr işlənib hazırlanır.

Azərbaycanda torpaq kimyasının inkişafında bu institutun torpaqların bioloji tədqiqatları laboratoriyasının da böyük xidmətləri olmuşdur. Bu laboratoriyada elmi-tədqiqatlar əsasən müxtəlif tip torpaqlarda humusun toplanması; üzvi maddələrin kəmiyyət və keyfiyyət göstəriciləri; bioloji proseslərin intensivliyi və dövrü fazaları, zonal ekosistemlərdə dəyişilməsi; onurğasız heyvanların növ, tərkib və miqdarı; torpağa daxil olan bitki qalıqlarının çevrilməsində, biokimyəvi və humus balansının saxlanması, bərpası və kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığının artırılması istiqamətində aparılır. Torpaqların münbitliyinə, bioloji fəallığına və becərilən bitkilərin məhsuldarlığına müsbət təsir göstərən tədbirlər sistemi öyrənilir.

Ümumiyyətlə, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Torpaqşünaslıq və Aqrokimya İnstitutu və onun əməkdaşlarının Torpaqşünaslıq elminin və onun böyük bir şöbəsi olan torpaq kimyasının inkişafında misilsiz xidmətləri olmuşdur. Belə alimlərdən biri də **Həsən Əlirza oğlu Əliyevdir** (1907-1993). O, torpaqşünas, ümumi əkinçilik və təbiəti mühafizə sahəsində alim və ictimai-siyasi xadim kimi xalqın yaddaşında qalmaqdadır. O, bu institutda elmi işlər üzrə direktor müa-

vini və laboratoriya müdiri vəzifələrində işləmiş və torpaqşünaslığın inkişafında əvəzsiz xidmətlər göstərmişdir. Onun «Pirsaat düzünün torpaqları və perspektivası», «Azərbaycan Respublikasının torpaqları», «Qəhvəyi-meşə torpaqları», «Böyük Qafqazın torpaqları», «Naxçıvan Muxtar Respublikasının torpaqları» və s. monoqrafiyalarında torpaqşünaslığın mühüm problemlərini şərh etmiş, torpaqdan düzgün istifadəni elmi cəhətdən əsaslandırılmış və torpaqlarda kimyəvi elementlərin birləşmələrinin formaları, miqdarı və çevrilmələrini izah etmişdir.

Akademik Cəbrayıl Məmməd oğlu Hüseynov (1913-1964). Onun rəhbərlik etdiyi laboratoriya üzvi gübrələr və örtülü qruntun aqrokimyası adlansa da tədqiqat işlərinin əsas obyektı torpaq olmuşdur. Onun işlərinin əsas istiqaməti kimya sənaye tullantılarından yeni gübrə və stimulyatorların alınması (superfosfat, qumbrin, ÜMMK, MU, NBM və s.) və onları torpağa tətbiq etməklə münbitliyini artırmağa yönəldilmişdir. Bundan başqa torpaqda fosfor rejimi və onun istifadəsinin artırılması üsulları mərhum akademikın adı ilə bağlıdır. Həmin laboratoriyaya 1975-ci ildən hal-hazırkı dövrə qədər k.t.e.d. prof. Paşa Bayram oğlu Zamanov rəhbərlik edir.

Torpaq kimyasının inkişafında bu institutun mineral gübrələr və mikroelementlər laboratoriyasının böyük xidmətləri olmuşdur. Təşkil olunduğu gündən 1978-ci ilə kimi bu laboratoriyaya k.t.e.d., prof. **Rizvan Qafar oğlu Hüseynov** (1911-1979) qəhbərlik etmişdir. Sonrakı illərdə k.t.e.d., prof. F.H.Axundov və hazırda isə laboratoriyanın rəhbəri k.t.e.d., prof. Z.R.Mövsümovdur. Laboratoriyada Respublikamızın müxtəlif tip torpaqlarında becərilən bitkilərin gübrələmə sistemə, torpaqların qida maddələri ilə təmin olunmasını göstərən kartoqramların tərtibinə, bitkilərin azot, fosfor, kalium və

mikroelementlərlə qidalanma rejiminin öyrənilməsinə dair tədqiqatlar aparılır. Bu məsələlərin tədqiqində prof. R.Q.Hüseynovun əməyi olmuş və bu işlərə həsr olunmuş bir çox monoqrafiyalar, kitablar, tövsiyələr və elmi məqalələr nəşr olunmuşdur. O cümlədən, «Azərbaycanda gübrələmə sisteminin aqrokimyəvi əsasları» (R.Q.Hüseynov), «Torpaqda və bitkilərdə mikroelementlər və onların bitkiçilikdə tətbiqi» (Ə.N.Güləhmədov), «Azot Azərbaycan əkinçiliyində» (Z.R.Mövsümov) kimi əsərləri misal göstərə bilərik.

Mikroelementlərin kənd təsərrüfatında və biologiyada rolu və əhəmiyyəti haqda bir sıra mühüm məsələlər, o cümlədən, yeni səmərəli mikrogübrələrin alınması, onların tətbiqinin elmi əsasları, torpaqda təbii radioaktiv maddələrin miqdarı, mikroelementlərin yayılmasının biogeokimyəvi rayonlaşdırılması, texnogen tullantılar nəticəsində torpaqların ağır metallarla çirklənməsi tədqiq edilmişdir. Bu işlərə böyük əhəmiyyət verilmiş və prof.Ə.N.Güləhmədov Respublika Dövlət mükafatına layiq görülmüşdür.

AMEA-nın müxbir üzvü **Məmməd-Emin Məmməd-Əli oğlu Salayev** (1909-2002). Tədqiqat sahəsi əsasən torpaqların genezisi, coğrafiyası və xəritəçiliyinə aid olsa da torpaq kimyasının inkişafında xidmətləri olmuşdur. Belə ki, yüksək dağ zonasında ilkin torpaq əmələgəlmə prosesi və bu prosesin torpaqəmələgəlmə məhsullarının miqrasiyası, humus əmələgəlmə şəraiti, meşə və çay subasarlarında torpaqların genezisi, sistematikasını və nomenklaturasını coğrafi və stasionar tədqiqatlar nəticəsində öyrənilərkən həmişə bu proseslərin torpaq kimyası ilə bağlılığı diqqət mərkəzində olmuşdur.

Volobuyev Vladimir Rodionoviç (1909-1987). Torpaqların meliorasiyasını laboratoriyasına uzun müddət rəhbərlik

etmişdir. O, SSRİ EA-nın müxbir üzvü, AMEA-nın həqiqi üzvü olmuşdur.

V.R.Volobuyevin elmi-tədqiqat işlərində əsas diqqət respublikanın ərazisində yayılmış torpaqların şorlaşma dərəcəsinin, şorlaşmanın genezisi və formalarının öyrənilməsinə, meliorativ rayonlaşdırmanın əsas prinsiplərinin müəyyən edilməsinə, şorlaşmış torpaqların meliorasiya üsullarının işlənilib hazırlanmasına yönəlmişdir.

Kür-Araz düzənliyi torpaqlarında duzların miqrasiyası və onların genezisini təhlil edərək V.R. Volobuyev şorlaşmış torpaqların genetik təsnifatını vermişdir. Bu da şorlaşmış torpaqların genesizinə uyğun rayonlaşdırılmanı və meliorativ təbirlərin işlənilib hazırlanmasını mümkün etmişdir. Bu məsələlərin geniş izahını o, 1965-ci ildə nəşr etdirdiyi “Kür-Araz düzənliyi torpaqlarının şorlaşmasının genetik formaları” kitabında vermişdir. Onun rəhbərlik etdiyi laboratoriyanın əməkdaşları 35 il ərzində Kür-Araz düzənliyinin müxtəlif bölgələrində, su-fiziki xüsusiyyətləri biri digərindən fərqlənən təcrübə sahələrinin torpaqlarında su-duz balansını öyrənmişlər (Əzizov, İsmayılov, Mustafayev və s.)

Abduyev Muxtar Rzaqulu oğlu (1926-1979). Azərbaycanın dağətəyi bölgəsinin delyuvial torpaqlarında tarla tədqiqatları və laboratoriya eksperimentləri ilə şorlaşma prosesini on illərlə öyrənən novator Muxtar müəllim olmuşdur. O zaman bu tip torpaqlarda kənd təsərrüfatı bitkilərinin becərilməsi haqda heç bir əkinçinin məlumatı yox idi və meliorasiya işlərinin aparılması üçün metodika mövcud deyildi. M.R. Abduyev bu tip torpaqların genezisini, fiziki-kimyəvi xassələrini, duzların daxil olma mənbələrini, duzların miqrasiya amillərini, su və duz rerejimlərini və s. uzun müddət

öyrənərək çox möhtəşəm bir meliorasiya metodikası hazırladı. Bütün bunlar onun respublikada üç dəfə təkrar nəşr olunmuş “Torpaqların delyuvial formalı şorlaşması və meliorasiya məsələləri” monqrafiyasında öz əksini tapmışdır.

Əliyev Spartak Əli oğlu (1930-2008). Tədqiqat işlərinin əsasını torpaqda humuslaşma və humus turşularının əmələ gəlmə mexanizminə həsr etmişdir. Onun humus turşularının element tərkibi, bu turşularda H:C və O:C nisbətləri haqqında original fikirlərini bu sahə ilə məşğul olan bütün dünya alimləri qəbul etmişlər. Humus maddələrinin oksidləşmə dərəcə-sini və müxtəlif qrup humus turşularının yanma istiliyini sovetlər imperiyasında heç bir alim C.Ə.Əliyev kimi dəqiq hesablaya bilməmişdir. İndi də dünya torpaqşünaslıq elmində Əliyev düsturu kimi işlənən formula haqqında qarşıdakı fəsil-lərdə bəhs edəcəyik.

O, bundan başqa humus turşularının struktur fraqment-ləri, humus turşularının hidrolizi, humus turşularının oksidləş-məsindən sonra alınan məhsullar, humus turşularının struktur fraqmentlərinin balansı və s. haqqında apardığı tədqiqatlarla Torpaq kimyası elminə tövhəsini vermişdir.

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Torpaqşünas-lıq və Aqrokimya institutu Respublikanın torpaq ehtiyatlarını öyrənən Elmi Mərkəzdir. Direktor, akademik M.R. Babayevin rəhbərliyi altında bu institutda torpaqşünaslıq və aqrokim-yanın problemləri üzrə bir çox elmi-tədqiqat işləri aparılır. Həmin problemlərdən biri – “Torpaqların mineraloji tərkibi-nin, bioloji fəallığının, humusluluq vəziyyətinin tədqiqi və münbitliyin bərpasının ekoloji və aqrokimyəvi əsasları” məhz Torpaq kimyasının inkişafına həsr edilmişdi.

Bu müqəddəs amalın başa çatdırılmasında yuxarıda adı gedən alimlərimizdən sonra indi M.R.Babayev, Q.Ş.Məmmədov, A.P.Gərayzadə, H.C.Mehdiyev, P.Ə.Səmədov, A.İ.İsmayılov, V.A.Əhmədov, Z.R.Mövsümov, P.B.Zamanov, Ə.B.Axundova və başqaları əllərindən gələni əsirgəmirlər.

1920-ci ildə Azərbaycan Politexnik İnstitutunda yaradılmış kənd təsərrüfatı fakültəsinin tərkibində ilk olaraq «Torpaqşünaslıq» kafedrası təşkil olundu. AKTİ yaradıldıqdan sonra (indiki ADAU) kafedra müxtəlif dövrlərdə «Torpaqşünaslıq və geologiya», «Torpaqşünaslıq və meliorasiya», «Torpaqşünaslıq və yerquruluşu», «Torpaqşünaslıq və aqrokimya» adlanmışdır. Hal-hazırda isə «Torpaqşünaslıq, aqrokimya və ekoloji kənd təsərrüfatı» kafedrası kimi fəaliyyət göstərir. Bu kafedra və onun əməkdaşlarının Torpaq kimyasının bir elm kimi formalaşmasında, təbliğində, tədrisində və inkişafında böyük xidmətləri olmuşdur.

Kafedranın ilk rəhbəri torpaqşünaslıq elminin banilərindən olan V.V.Dokuçayevin şagirdi və silahdaşı prof. V.Smirnov-Loqinov olmuşdur. O, 1920-ci ildən 1933-cü ilə qədər kafedrada və Azərbaycanda aparılan torpaq tədqiqatlarına rəhbərlik etmişdir. 1933-1937-ci illərdə kafedraya prof. V.V.Akimtsev, 1937-1939-cu illərdə isə prof. Q.İ.Kolotov rəhbərlik etmişdir.

Sonrakı dövrlərdə kafedraya M.T.Əsgərbəyli, Ə.B.Şəfi-bəyov, B.M.Ağayev, M.A.Ağamirov rəhbərlik etmişlər. 1973-2007-ci illərdə kafedranın müdiri akademik M.İ.Cəfərov və prof. A.H.Babayev olmuşlar. Hal-hazırda kafedraya prof. A.H.Babayev rəhbərlik edir.

Azərbaycanda ilk torpaq tədqiqatlarına faktiki olaraq bu kafedranın müdiri prof. V.Smirnov-Loqinovun rəhbərliyi ilə

başlanmışdır. 1920-1924-ci illərdə Abşeron yarımadası və Kiçik Qafqazın cənub-şərq ətəkləri, 1925-1935-ci illərdə Qobustan və Xızı rayonlarının torpaqları, Muğan düzünün və Lənkəranın torpaqları tədqiq olunaraq, bu görkəmli alimin rəhbərliyi ilə Azərbaycanın ilk torpaq xəritəsi (1930) tərtib olunmuşdur.

1940-cı ildə prof. D.V.İvanovun uzun illər rəhbərlik etdiyi Aqrokimya kafedrası Torpaqşünaslıq kafedrası ilə birləşdirilmiş və həmin ildən 1960-cı ilə qədər kafedranın rəhbəri dosent **Şəfibəyov Əsəd Balabəy oğlu** (1909-1960) olmuşdur. O, torpaq kimyası sahəsində SSRİ miqyasında çox güclü tədqiqatçı kimi tanınmışdır və onun torpağın kimyəvi analiz üsullarına dair işlədiyi yeni metodlar bu gün də müasir torpaqşünaslıqda qəbul olunur.

Məlum olduğu kimi gübrələrdən səmərəli surətdə istifadə etmək üçün müxtəlif torpaqların aqrokimyəvi, kimyəvi və aqrofiziki xassələri, eləcə də kənd təsərrüfatı bitkilərinin kimyəvi tərkibi, bitkilərin bu və ya digər qida maddələrinə olan tələbatı təhlil edilərək öyrənilməlidir. Məhz bu problemlər Əsəd müəllimin tədqiqat obyektinə olmuşdur. Onun 1964-cü ildə nəşr etdirdiyi «Torpaq və bitkilərin aqrokimyəvi analiz üsulları» kitabında bu məsələlərin şərhini çox səlis formada verilmişdir. Kitab üç hissədən ibarətdir: birinci hissəsi torpağın analizə hazırlanması və onun kimyəvi analizi məsələlərinə, ikinci hissəsi torpağın fiziki xassələrinin təyin edilməsinə, üçüncü hissəsi isə bitki materiallarının kimyəvi analizi üsullarına həsr olunmuşdur. Kitabın sonunda əlavələr şəklində laboratoriya şəraitində işlədilən müxtəlif məhlulların hazırlanması, analizlərin hesablanması üçün köçürmə əmsallarına aid cədvəllər verilmişdir. Kitab indi də mütəxəssislər, tələbələr və

tədqiqatçılar üçün faydalı vəsaitdir. Əsəd müəllimin tələbələri həmişə onu çox ehtiramla xatırlayır və «Torpaq kimyası» fəninini gözəl tədris edən, tələbələrə sevdirməyi bacaran müəllim olduğunu deyirlər.

Sonrakı dövrlərdə torpaq kimyasının inkişafında kafedranın əməkdaşlarından prof. H.R.Xəlilov, akad. M.İ.Cəfərov, prof. T.Ə.Əliyev, prof. B.İ.Bayramov, prof. A.H.Babayev, prof. F.H.Axundov, dos. İ.T.Rzayev, dos. R.Y.Məmmədov, dos. C.H.Cəlilov, dos. Z.İ.Məhərrəmov, dos. Ə.S.Pənahi, dos. Z.İ.Süleymanov, prof. Y.Ə.Cəfərov, dos. O.A.Seyidzadə, dos. E.X.Mehdiyeva, dos. M.S.Hüseynov, dos. Z.H.Abdullayeva, dos. A.N.Zeynalova və başqalarının böyük xidmətləri olmuşdur.

II FƏSİL

TORPAĞIN ELEMENT VƏ FAZA TƏRKİBİ

Torpaqda baş verən bütün proseslər mürəkkəb olmaqla kompleks xarakter daşıyır və bu onun təbii-tarixi cisim olmasını bir daha sübut edir. Kimyəvi xüsusiyyətlərinə görə torpaqda baş verən prosesləri bu cür adlandırmaq olar:

1. Polikimyalaşma. Torpaqda çox böyük miqdarda kimyəvi elementlər və maddələr mövcuddur. Qanunauyğun olaraq hər bir elementin bir neçə birləşmələri olur ki, bunlar da torpaqda həm kristal, həm də amorf formasında olurlar.

2. Heterogenlik və polidisperslilik. Torpaq çox fazalı sistem olmaqla üzvi və mineral komponentlərin inkişaf etmiş, müxtəlif cinsli üst qatında sorbsiya və desorbsiya (xemosorbsiya daxil olmaqla) prosesləri baş verir.

3. Üzvi-minerallı qarşılıqlı təsir – spesifik torpaq xüsusiyyətləri olmaqla torpaqəmələgəlmə prosesinin əlamətidir. Belə ki, torpaqda ancaq sadə və kompleks duzlar formalaşır, həm də mineral və üzvi maddələrdən ibarət olan mürəkkəb adsorbsiyalı komplekslər (simplekslər) yaranır.

4. Torpaq proseslərinin dinamikliyi. Təbii torpaq üçün bir günlük (sutkalıq), mövsümü, illik və əsrlik dinamika xarakterikdir.

Torpaqda bu dəyişiklik daima baş verir. Klassik kimyəvi birləşmələr transformasiyaya məruz qalır və torpaq buferlik qabiliyyəti qazanır.

5. Əhatəli müxtəlifcinslilik – torpağın ayrılmaz xassəsi olub, torpaqəmələgətirən amillərin əhatəli müxtəlifcinslilikdən asılılığı şərtləndirilir (ilkin müxtəlifcinslilik). Torpaqəmələgəlmə prosesinin inkişafı ilə əlaqədar olaraq daha da genişlənə bilər (təkrar müxtəlifcinslilik).

6. Qeyri-bərabər vəziyyət və termodinamik bərpa olunmayan proseslər. Torpaq açıq termodinamik sistemdir, hansı ki, buradan fasiləsiz olaraq maddələr və enerji axır. Bu isə torpaqda bərabər vəziyyətin yaranmasına imkan vermir. Nəticədə torpaq-kimyəvi proseslərin özünəməxsus kinetikası güclənir və sürətli reaksiyalar baş verir. Torpaqda baş verən prosesləri anlamaq üçün onun kimyəvi tərkibini, torpaqəmələgətirən amillərin dəyişilməsini və bunların torpaq örtüyünün əmələgəlməsində istifadəsini bilmək lazımdır.

Torpağın kimyəvi tərkibi iki göstərici ilə xarakterizə olunur: 1) element tərkibi, 2) faza (maddələr) tərkibi.

TORPAĞIN ELEMENT TƏRKİBİ

Torpağın əsas kimyəvi xassələrindən biri onun element tərkibi hesab edilir. Məhz bu xassə üzərində onun genezisi və münbitliyi formalaşır. Torpağın element tərkibini bilmədən dərin kimyəvi tədqiqatların aparılması qeyri-mümkündür. Torpaq kütləsində kimyəvi elementlərin toplanmasına və kəmiyyət nisbətində **torpağın element tərkibi deyilir**. «Element tərkibi»nin sinonimi kimi bəzən «torpağın xam tərkibi» termini işlədilir. Lakin bu cür adlanma söhbətin hansı tərkib (kimyəvi, mexaniki) haqqında getməsinə aydınlaşdırmır. «Xam» sözü əslində «ümumi» anlayışı bildirir və torpaqda olan bütün komponentlərin miqdarını göstərir. Ona görə də «xam tərkib»

deyəndə torpaqda olan elementlərin birləşmə formalarından asılı olmayaraq ümumi elementlərin miqdarı başa düşülür.

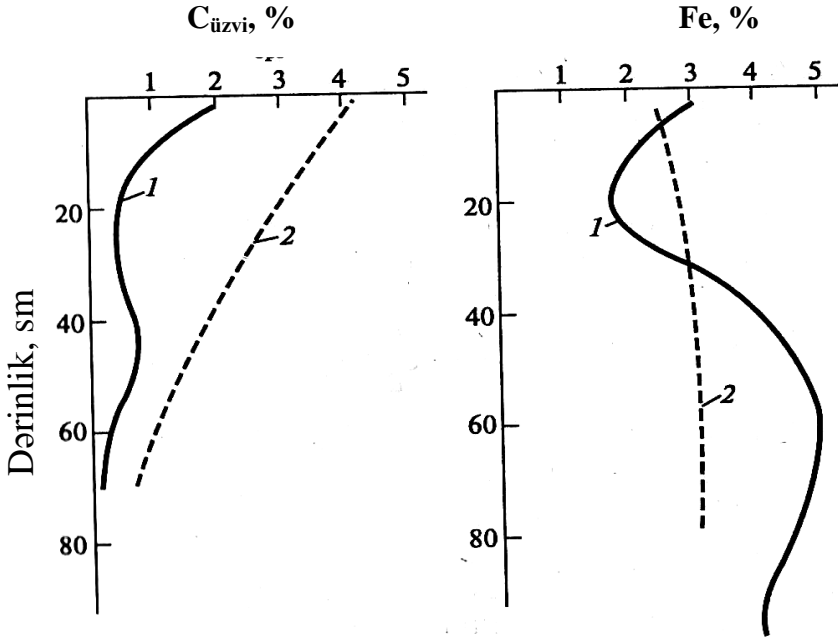
Torpaq kimyasında və ümumiyyətlə torpaqsünaslıqda element tərkib deyəndə – torpağın genezisi, münbitliyi və kimyəvi tərkibinin vəziyyəti anlaşılmalıdır.

Bunu əsasən torpağın potensial münbitliyini qiymətləndirəndə istifadə edir və buna əsaslanaraq torpağın kimyəvi tərkibini analiz etmək üçün üsullar seçilir.

Bu istiqamətləri aydınlaşdıraraq.

1. Element tərkibi torpaqəmələgəlmə proseslərinin çox mühüm nəticələrini əks etdirir. Element tərkibinə görə torpağın genetik horizontları bir-biri ilə fərqlənir. Məsələn, çürüntülü akkumulyativ horizont yüksək miqdarda C, P və N olması ilə; ilyuvial horizontlar Fe, Al və bir sıra elementlərin toplanması ilə; ilyuvial horizontlar isə silisiumun miqdarının artması, digər elementlərin azalması ilə müşayiət olunur. Başqa sözlə genetik horizontları təyin etmək üçün torpağın element tərkibi diaqnostik əlamət kimi qəbul edilir.

Genetik horizontların element tərkibinin məcmusu bir torpaq profilində torpaqəmələgəlmə proseslərinin hansı istiqamətdə inkişafına xidmət edir. Şəkil 1-də Lənkaran rayonu ərazisində yayılmış sarı-podzol torpaqlarda və Gədəbəy rayonunda olan dağ qaratorpaqlarında profil boyu karbonun üzvi birləşmələrinin ($C_{üzvü}$) və dəmirin (Fe) faizlə miqdarı göstərilmişdir.



Şəkil 1. Torpaq profilində humusun və dəmirin yayılması:
1 – sarı-podzol torpaqlar, 2 – dağ qaratorpaqları

Şəkildən görüldüyü kimi dağ qaratorpaqlarında profil boyu dərinə getdikcə humusun miqdarı azalmış, dəmirin miqdarı isə bərabər paylanmışdır. Buradan aydın olur ki, dağ qaratorpaqlarında profil boyu dəmir elementinin yayılmasında ciddi dəyişiklik baş vermir. Başlıca proseslərdən biri odur ki, profildə humusun toplanmasında progressiv əlamətlər özünü göstərir.

Lakin sarı-podzol torpaqlarda tamamilə başqa prosesin getdiyinin şahidi oluruq. Belə ki, humusun profil boyu toplanması yalnız üst qatda gedir və hissə-hissə ilyuvial horizonta üzvi maddə formsında aparılır. Dəmirin yayılması ilyuvial horizontda toplanır. Dəmirin maksimal miqdarda top-

lanması çürüntülü-akkumulyativ horizontda gedir. Çox ehtimal ki, bu elementlərin maksimum bioloji toplanması ilə bağlıdır. Hətta torpağın element tərkibi haqqında olan bu kiçik məlumatlar imkan verir ki, profilin formalaşmasında bəzi mühüm proseslər haqqında ideyalar irəli surək. Element tərkibinin tam analizindən sonra burada gedən proseslərin başlıca istiqamətini, yəni torpaqəmələgəlmənin nəticələrini təyin etmək olar.

Lakin, təkcə element tərkibinə görə torpaqda gedən reaksiyaların mexanizmi haqqında mühakimə yürütmək olmaz. Belə ki, transformasiya ilə bağlı prosesləri, yeni maddələrin əmələ gəlməsini geniş şəkildə fərqləndirilən torpaq kütləsi ilə izah etmək lazımdır.

2. Torpağın element tərkibi onun potensial münbitliyi haqqında təsəvvürlər yaradır. Karbonun və azotun üzvi birləşmələrinin yüksək miqdarda olması torpağın münbitlik əlamətləridir. Xlor ionlarının hədsiz toplanması isə bitkilər üçün əlverişli xasə sayılmır. Əlbəttə, torpaqda olan elementlərin hamısı bitkilər üçün mənimsənilə bilən şəkildə olmur. Alümosilikatların kristallik qəfəsinə daxil olan elementlər ya çətin həll olan birləşmələrin, yaxud hidroliz olunmayan humus maddələri komponentinin tərkibində olur. Bunların bitki tərəfindən mənimsənilməsi hissə-hissə ilkin strukturun dağıdılaraq, asan həll olan formalara keçməsi ilə baş verir. Bu elementlərin ümumi miqdarı yaxud ehtiyat formaları göstərir ki, belə torpaqlar öz potensialı hesabına bitkiləri uzun müddət qida maddələri ilə təmin edə bilər.

Dağ qaratorpaqlarının azot, fosfor və kaliumla potensial təminatının vəziyyəti 1 saylı cədvəldə təsvir edilmişdir. Cədvəldən görüldüyü kimi bu torpaqların 0-20 sm qatında azotun

miqdarı 5-10 t/ha çadır ki, bu da 25-30 s/ha payızlıq buğda məhsulu almaq üçün 60-100 il kifayət edər. Fosforun və kaliumun miqdarı isə azotla müqayisədə daha çox illərə bəs edər. Apardığımız hesablamalar əsas verir ki, ehtiyat qida maddələrindən istifadəsinə görə torpaqların bəzi potensial imkanlarını qiymətləndirə bilək. Torpaqda olan ehtiyat qida maddələrini tamamilə səfərbər etmək qeyri-mümkündür. Elə apardığımız bu hesablama da göstərir ki, on illər ərzində torpaqda qida elementləri tükənə bilər. Belə ki, elementlərin tam səfərbər olunması torpağın deqradasiyası, dağılması və qeyri-münbit oksidlər qarışığına çevrilməsi ilə nəticələnə bilər. Beləliklə, torpağın element tərkibi haqqındakı məlumatlar göstərir ki, əkin qatında bütün qida elementlərinin defisit-siz balansını təmin etmək vacibdir.

Cədvəl 1

**Dağ qaratorpaqlarının N, P və K-la potensial təminatı
(30 s/ha buğda məhsulu timsalında)**

| Elementlər | Ehtiyat, t/ha | Hər il aparılma, kq | Potensial təminat, il |
|------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 0-20 sm qatında | | | |
| N | 5-10 | 105 | 60-105 |
| P | 1,5-4,5 | 18 | 85-250 |
| K | 40-65 | 75 | 530-870 |
| 0-50 sm qatında | | | |
| N | 12-18 | 105 | 115-170 |
| P | 3,5-10,5 | 18 | 195-580 |
| K | 90-150 | 75 | 1200-2000 |

3. Element tərkibi – torpağın kimyəvi və fiziki-kimyəvi analiz üsullarının seçilməsində ən mühüm amillərdən biridir. İstənilən torpaqda böyük miqdarda elementlər mövcuddur və 10%-dən başlayaraq 10^{-9} – 10^{-10} %-dək tərəddüd edir. Elementlərin çoxu kimyəvi analiz zamanı qarşılıqlı təsirə malik olurlar. Belə ki, təyin olunan elementlərin nisbəti bəzən uğursuz sonluqla nəticələnir. Ona görə də torpaqların kimyəvi analizində ən mükəmməl üsullardan geniş istifadə edilir və təyin olunan elementlərə mane olanları ayırmaq üçün müxtəlif metodlar tətbiq edilir.

Torpağın element tərkibi və onun qranulometrik fraksiyaları torpaq minerallarının, xüsusilə zərifdispersli fraksiyaların müəyyən edilməsində diaqnostik əlamət kimi istifadə edilir.

TORPAĞIN ELEMENT TƏRKİBİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Yulius Lotar Meyer və D.İ.Mendeleyevin dövrü sistemlərinin (1864-1869) demək olar ki, bütün təbii elementləri torpaqda vardır. Torpaqda həmin elementlərin 95 %-ni məlum 26 element təşkil edir. Torpaq, elementlərin kəmiyyətə toplanmasına görə bütün canlı orqanizmlərdən, minerallardan və dağ süxurlarından fərqlənir. Bildiyimiz kimi canlı orqanizmlər əsasən orqanogen elementlərdən – C, H, N, O, P, S təşkil olunmuşdur. Müqayisəyə az miqdarda isə mineral komponentlər adlanan maddələr də bu tərkibə aiddir. Lakin elə minerallar var ki, 2,5-7, 9-11 elementdən (sadə silikatlar) ibarətdir. Duz mineralları 2-5 elementdən ibarətdir. Torpağın tərkibinə daxil olan bütün kimyəvi elementlər mütləq və mü-

hüm rola malikdirlər. Torpağın birinci fərqləndirici xüsusiyyəti onun böyük elementlər toplusundan ibarət olmasıdır. İkinci xüsusiyyəti isə yüksək miqdarda karbon və silisium elementinin olmasıdır. Hansı ki, bu iki mühüm torpaqəmələgəlmə amilinə eyni zamanda təsir edir: bunlar bitki və heyvanat aləmidir. Üçüncü xüsusiyyəti elementlərin qatılığının böyük diapazonda mövcudluğudur.

Bəzi torpaqların orta element tərkibi haqqında məlumat 2 sayılı cədvəldə verilmişdir. Metrlik qatda torpağın element tərkibinin orta hesabla miqdarı, ayrı-ayrı elementlərin rolu haqqında ümumiləşdirilmiş təsəvvürlər yaradır.

Torpağın bir metrlik qatının orta element tərkibi
(*mütləq quru çəkiyə görə %-lə*)

| Torpaqlar | O | H | C | | N | P | S | Si | Al | Fe | Ti | Mn | Ca | Mg | K | Na |
|----------------------|-------|------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | Hüms | Karbonatlar | | | | | | | | | | | | |
| Torflu | 36,86 | 5,33 | 53,33 | - | 1,900 | 0,200 | 0,240 | 1,00 | 0,12 | 0,50 | - | 0,05 | 1,20 | 0,13 | 0,30 | 0,07 |
| Podzollu | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gillicəli | 49,60 | 0,06 | 0,66 | - | 0,80 | 0,054 | 0,031 | 34,86 | 6,33 | 3,02 | 0,28 | 0,20 | 0,78 | 0,72 | 2,04 | 1,28 |
| Qumsal | 50,66 | 0,05 | 0,67 | - | 0,066 | 0,022 | 0,20 | 39,57 | 4,31 | 1,16 | - | - | 0,58 | 0,70 | 1,81 | 0,90 |
| Qumlu | 52,20 | 0,04 | 0,64 | - | 0,060 | 0,022 | 0,026 | 43,77 | 1,72 | 0,55 | - | 0,06 | 0,28 | 0,09 | 0,33 | 0,16 |
| Sarı-podzol | 49,10 | 0,08 | 1,12 | - | - | 0,105 | 0,056 | 33,85 | 6,98 | 3,11 | - | 0,20 | 0,80 | 0,60 | 2,50 | 1,43 |
| Qeyli-çürüntülü | 49,10 | 0,08 | 1,17 | - | - | - | - | 33,02 | 7,39 | 3,12 | - | 0,09 | 1,15 | 0,81 | 2,64 | 1,41 |
| Boz-meşə | 49,27 | 0,09 | 1,25 | 0,04 | 0,115 | 0,044 | 0,076 | 33,45 | 6,67 | 3,80 | 0,45 | 0,06 | 1,24 | 1,02 | 1,60 | 0,76 |
| Çürüntülü-karbonatlı | 50,12 | 0,08 | 1,21 | 0,93 | - | 0,100 | 0,056 | 30,14 | 6,80 | 3,15 | - | 0,11 | 3,60 | 1,83 | 1,18 | 0,75 |

Cədvəl 2-nin davamı

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Yuyulmuş qaratorpaqlar | 49,9 | 0,17 | 2,36 | 0,10 | - | 0,061 | 0,018 | 31,94 | 6,84 | 3,79 | 0,52 | 0,08 | 1,22 | 0,82 | 1,38 | 0,68 |
| Tipik qaratorpaqlar | 48,0 | 0,22 | 3,09 | 0,30 | - | 0,100 | 0,136 | 31,28 | 7,09 | 3,71 | 0,36 | 0,16 | 2,00 | 0,97 | 1,71 | 0,83 |
| Adi qaratorpaqlar | 49,3 | 0,15 | 2,05 | 0,48 | - | 0,70 | 0,168 | 31,32 | 6,88 | 3,69 | 0,47 | 0,05 | 2,47 | 1,00 | 1,32 | 0,57 |
| Cənub qaratorpaqlar | 49,4 | 0,11 | 1,50 | 0,67 | - | 0,064 | 0,220 | 31,23 | 6,40 | 3,04 | 0,50 | 0,02 | 4,20 | 1,19 | 0,97 | 0,44 |
| Qafqazyanı qaratorpaqlar | 48,8 | 0,12 | 1,62 | 0,25 | - | 0,048 | 0,172 | 31,29 | 8,14 | 3,50 | - | 0,05 | 2,10 | 0,95 | 1,75 | 1,19 |
| Azovyanı qaratorpaqlar | 49,6 | 0,37 | 1,59 | 0,59 | - | 0,052 | 0,048 | 31,80 | 6,65 | 2,94 | - | 0,31 | 3,10 | 0,88 | 1,53 | 0,94 |
| Şabalıdı | 48,85 | 0,08 | 1,15 | 0,86 | 0,115 | 0,067 | 0,194 | 29,90 | 6,53 | 3,64 | 0,51 | 0,18 | 3,70 | 1,09 | 1,58 | 1,06 |
| Qonur səhra | 5,14 | 0,04 | 0,52 | - | 0,050 | 0,022 | 0,076 | 43,77 | 1,08 | 0,70 | - | 0,01 | 0,28 | 0,18 | 0,27 | 0,30 |
| Boz-qəhvəyi | 49,04 | 0,16 | 2,17 | 0,86 | - | - | 0,100 | 30,00 | 6,49 | 3,78 | 0,32 | 0,09 | 3,26 | 0,80 | 1,67 | 1,05 |
| Boz-meşə | 47,93 | 0,11 | 1,59 | 0,25 | 0,150 | 0,062 | 0,150 | 28,89 | 8,23 | 5,77 | 0,38 | 0,17 | 1,98 | 1,08 | 1,41 | 1,09 |
| Boz torpaqlar | 50,00 | 0,04 | 0,50 | 1,24 | 0,070 | 0,074 | 0,080 | 25,86 | 7,21 | 3,89 | - | 0,20 | 5,04 | 1,44 | 1,80 | 1,16 |

Element tərkibinə görə profildə ən çox fərqli cəhətlər torflu, elyuvial, karbonatlı və şorlaşmış horizontlarda müşahidə olunur. Ayrı-ayrı elementlərin miqdarı geniş intervalda dəyişir. Məsələn, torflu torpaqlar istisna olmaqla qalan torpaqlarda silisiumun miqdarı 22-dən 44%-ə qədər tərəddüd edir. Alüminiumun miqdarının diapazonu – 1-8%, dəmirinki isə – 0,5-6% təşkil edir. Kiçik tərəddüdlərə baxmayaraq, hər bir elementin miqdarının intervalı mövcuddur. Aşağıda bəzi elementlərin tipik interval miqdarını faizlə göstəririk.

| | | | |
|----------|-------|-------------------------|----------|
| Si | 26-44 | Ti | 0,2-0,5 |
| Al..... | 1-8 | Mn | 0,01-0,3 |
| Fe..... | 0,5-6 | C _{üzvi} | 0,5-4 |
| Ca | 0,3-5 | N..... | 0,05-0,2 |
| K..... | 0,2-3 | P | 0,02-0,1 |
| Na | 0,2-2 | S | 0,02-0,2 |
| Mg | 0,1-2 | H..... | 0,04-0,2 |

Torpağın element tərkibi onun qranulometrik tərkibindən, tipindən, horizontundan və kimyəvi elementlərin xüsusiyyətlərindən çox asılıdır.

Məsələn, yüngül torpaqlarda silisiumun miqdarı SiO₂ formasında olmaqla çox, digər elementlərininki isə az olur. Karbon isə karbonatlar şəklində əsasən yuyulmamış torpaqlarda və karbonatlı süxurlar olan yerlərdə mövcuddur. Kükürdün miqdarı isə qeyri-üzvi karbonun miqdarı ilə eynilik təşkil edir. Torpaqəmələgətirən süxurlarla müqayisədə torpaqda üzvi karbonun və digər biogen elementlərin nisbi miqdarı humusla toplanır. Si, Al, Fe, Mg, K, Na kimi elementlər isə torpaqəmələgətirən süxurlardan torpağın müxtəlif qatlarına paylanır.

Ona görə də, bu elementlərin bir metrlik qatdakı miqdarı torpaqəmələgətirən süxurların tərkibi ilə oxşardır. Sadə duzları (CaCO_3 , CaSO_4 , MgSO_4 , NaCl , NaHCO_3) əmələ gətirən bu elementlər xüsusi yer tuturlar. Asan və çətin mənimsənilən duzlarla birlikdə onlar torpaq profilindən kənara çıxaraq elyuvial landşafta yaxud axmaz qatlara düşürlər. Onların torpaq profilində yayılması əhəmiyyətli dərəcədə su rejiminin xarakteri ilə bağlıdır. Torpaqəmələgəlmənin gedişində element tərkibinin differensiasiyası həm şaquli həm də üfuqi istiqamətdə gedir.

Üfuqi istiqamətdə torpaq kütləsinin əsas hissəsini karbonatlar (60-80%) təşkil edir. SiO_2 -nin də miqdarı əhəmiyyətli dərəcədədir (15-30%), Al_2O_3 – 2-5%, Fe_2O_3 isə 1% , faizində bir hissəsi qədər Na, K, S ancaq faizin yüzdə bir hissəsi qədər isə P olur.

Torpaqda mütləq miqdarına görə elementlər bir neçə qrupa bölünür. Birinci qrupa O və Si aiddir ki, bunların miqdarı torpaq kütləsinin 80-90%-ni təşkil edir. İkinci qrupa faizin 10 payından çox hissəsini tutan elementlərdir: Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, C. Bu iki qrupa daxil olanlar tipik **makroelementlərdir**. Üçüncü qrupa daxil olan elementlər Ti, Mn, N, P, S makro və mikroelementlər arasında keçid təşkil edir. **Mikro və ultramikroelementlərin** miqdarı torpaqda $n \cdot 10^{-3}$ - $n \cdot 10^{-10}$ %-lə ölçülür və bunlar aşağıdakılardır: Ba, Sr, B, Rb, Cu, V, Cr, Ni, Co, Li, Mo, Cs, Se və s.

Makroelementlərin və mikroelementlərin bir-birindən fərqləndirilməsi torpaqda və canlı orqanizmlərdə onların miqdarı ilə aparılır. Adətən, o elementləri mikroelementlər adlandıırırlar ki, onların canlı orqanizmlərdə miqdarı çox az olur, lakin çox mühüm fizioloji funksiyalar həyata keçirirlər.

Bu cür təyinetmələr şərti xarakter daşıyır, çünki bəzən elə kimyəvi element olur ki, şəraitdən asılı olaraq özünü mikroelement kimi, bəzən isə makroelement kimi aparır. Buna misal olaraq kalsiumu göstərə bilərik. Məlumdur ki, kalsium tipik makroelementdir, çünki torpağın tərkibində onun miqdarı böyük faizlərlə ölçülür. Canlı orqanizmlərdə də o makroelement kimi çıxış edir. Belə ki, konstitusion funksiyaları yerinə yetirir, tikinti materialı olaraq sümüyün tərkibində fəaliyyət göstərir. Amilaza fermentinin tərkibində bu element mikroelement funksiyasını yerinə yetirir. Kalsiumdan başqa dəmir, maqnezium da özlərini bu cür aparırlar. Yəni torpaqda makroelement sayılan bu elementlər canlı orqanizmlərin tərkibində tipik mikroelementlərdir. Hemoqlobin və xlorofillin tərkibinə mikroelement kimi daxildirlər.

Bütün bunlara əsaslanaraq belə nəticəyə gəlmək olar ki, mikroelementlər canlı orqanizmlərdə bioloji proseslərin həyata keçməsi üçün aktivləşdirici və təşəbbüskar rolunu oynayırlar.

Elementlərin yüksək biokimyəvi aktivliyi elektronların energetik səviyyələri, yarım səviyyələri və orbitalları üzrə paylanmasıdan asılıdır. Atomlarda elektronların paylanması üç əsas qaydaya tabe olur: 1. Minimum enerji prinsipi (Kleçkovski qaydaçı); 2. Pauli prinsipi; 3. Hund qaydası.

Minimum enerji prinsipi: a) atomda əvvəlcə $(n+1)$ cəmi kiçik olan orbital elektronla dolur; b) bu zaman iki müxtəlif orbitalın $(n+1)$ cəmi bərabər olarsa, əvvəlcə baş kvant ədədinin (n) qiyməti az olan orbital dolur.

Məsələn, kiçik dövr elementi olan ${}_{7}\text{N}$ atomunda a bəndinə əsasən əvəlcə $1s$ ($n+1=1+0=1$), sonra $2s$ ($n+1=2+0=2$), daha sonra $2p$ ($n+1=2+1=3$) orbitalı dolur.

Böyük dövr elementi olan ${}_{19}\text{K}$ atomunda orbitalların elektronlarla dolması zamanı $3p$ orbitalından sonra $3d$ ($n+1=5$) deyil, $4s$ ($n+1=4$) orbitalı dolur.

Ümumiyyətlə, birinci dövrdə atomların 1-ci energetik səviyyəsi dolur. 1-ci səviyyə bir s -orbitalından ibarət olduğundan elektronlar bu orbitalda yerləşir. Dövrün birinci elementi H -dir, sıra nömrəsi də 1-dir. Ona görə də hidrogen atomunun s -orbitalında bir elektron yerləşir. Onun elektron formulu $1s^1$ olur (böyük rəqəm səviyyənin nömrəsini, hərf – yarımşəviyyənin (orbitalın tipi), sağdan yuxarıdakı rəqəm isə yarımşəviyyədəki elektronların sayını göstərir).

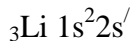
Helium atomunda 2 elektron vardır. Həmin elektronlar Pauli prinsipinə görə $1s^2$ elektron formulu ilə ifadə olunur. Beləliklə, birinci dövr elementlərində elektronların paylanması aşağıdakı kimi ifadə olunur:



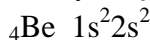
Birinci səviyyədə iki elektrondan çox elektron yerləşə bilmədiyindən ($N_{\max}=2 \cdot 1^2=2$) bu səviyyə He atomunda tamlanır. Növbəti elementdə üçüncü elektron 2-ci səviyyədə yerləşəcəkdir.

İkinci dövrdə 2-ci səviyyə dolur. İkinci səviyyəyə 4 (bir s -, üç p -) orbital daxildir və onun maksimum tutumu 8 elektrondur. ($N_{\max}=2 \cdot 2^2=8$). Minimum enerji prinsipinə görə əvvəlcə 2-ci səviyyənin s -orbitalı, sonra isə p -orbitalı dolur.

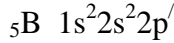
Beləliklə, ${}_3\text{Li}$ atomunda üçüncü elektron $2s$ orbitalını tutur:



Berillium ${}_4\text{Be}$ atomunda dördüncü elektron məhz həmin səbəblər üzündən $2s$ -orbitalında yerləşir:



Bor ${}_5\text{B}$ atomunda beşinci elektron 2 p- orbitalında yerləşir:

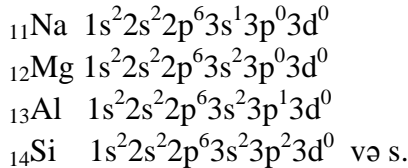


Hər orbitalda maksimum 2 elektron yerləşə bildiyindən p-yarımsəviyyənin tutumu 6 elektron olur. Ona görə də C, N, O, F atomlarında ardıcıl olaraq 2 p- orbitalları elektronlarla dolur və neon Ne atomunda 2p- yarımsəviyyəsi tamamlanır.

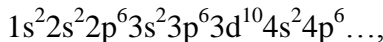
Yarımsəviyyədə orbitalların elektronlarla dolması Hund qaydası üzrə baş verir. Bir yarımsəviyyənin orbitallarında elektronlar elə yerləşir ki, onların spin ədədləri cəminin mütləq qiyməti maksimum olsun.

Daha doğrusu, Hund qaydasına görə əvvəlcə bütün orbitallar parallel spinli elektronlarla tək-tək dolur və yalnız bundan sonra həmin elektronlar əks spinli elektronlarla cütləşir. (Spin ədədlərinin cəmi atomun bütün elektronlarının spin kvant ədədlərinin cəminə (Σm_s) bərabərdir).

Üçüncü dövrdən başlayaraq atomların üçüncü səviyyəsi ($n=3$) dolmağa başlayır. 3-cü səviyyə 9 (bir s-, üç p- və beş d-) orbitaldan ibarətdir. Bu səviyyənin ümumi elektron tutumu $N_{\max}=2 \cdot 3^2=18$ elektrona bərabərdir. Yuxarıda göstərilən qaydalardan istifadə etməklə üçüncü dövr elementlərində elektronların paylanmasını belə yazmaq olar:



Yekunlaşdırsaq belə nəticəyə gəlmək olar ki, elektronların atom orbitallarına dolma ardıcılığı aşağıdakı formula ilə təyin olunur:



Elektronların bu cür paylanması elementlərin sabit və dəyişkən valentliyinə səbəb olur ki, bu da onların xüsusi biokimyəvi və fizioloji roluna öz təsirini göstərir.

Qarşıya qoyulan tədqiqat problemindən asılı olaraq, elektronların atom orbitallarında paylanmasından başqa digər qruplaşmalarından da istifadə edilir. Yer qabığının müxtəlif qatlarında elementlərin mövcudluğunu geokimyəvi təsnifatlar daha yaxşı xarakterizə edir. Belə təsnifatlardan birini V.M.Qoldşmidt (1924) tərtib etmişdir. Onun təsnifatına görə bütün elementlər dörd qrupa bölünür: **litofillər**, **xalkofillər**, **siderofillər**, **atmofillər**.

Litofil elementlər oksigenlə qohumluğu ilə fərqlənir və biosferdə tərkibində oksidlər, hidrokidlər, oksigenli turşuların duzları olan minerallar əmələ gətirirlər. Bura 54 element aiddir: Si, Ti, S, P, F, Cl, Al, Se, Na, K, Ca, Mg və s. **Xalkofillər** kükürlə birləşmələr əmələ gətirməyə meyillidirlər: Cu, Zn, Pb, Cd, Ag, Mn, Fe və s. **Siderofil** elementlər dəmir xəlitələrində həll olaraq dəmirli birləşmələr əmələ gətirirlər: Fe, Ni, Co, P, C, Pt, Au, Sn, Mo və s. Nəhayət, **atmofil** elementlərə aid olanlar: H, N, C, O, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Cl, Br, Y.

V.M.Qoldşmidt bunlardan xüsusi bir qrup ayıraraq **biofil** elementlər adlandırmışdır. Hansı ki, bunlar canlı orqanizmlərdə toplanırlar. Qoldşmidtə görə əsas biofil elementlər bunlardır: C, H, O, N, P, S, Cl, Y. Az da olsa B, Ca, Mg, K, Na, V, Mn, Fe, Cu kimi elementləri də o biofil elementlər qrupuna daxil edirdi. V.M.Qoldşmidtin təsnifatına görə bu elementlər torpağın maye fazasında olaraq, bərk fazaya da keçə bilir və torpaq proseslərində o qədər də böyük rol oynayırlar.

Torpaqşünaslıqda böyük maraq yaradan elementlər təsnifatı landşaftda onların miqrasiya xüsusiyyətləridir. Belə bir

təsnifat A.İ.Perelman tərəfindən işlənmişdir. O, bütün elementləri iki böyük qrupa ayırır: 1) hava miqrantları, 2) su miqrantları. Hava miqrantları qrupuna əsasən passiv elementlər xüsusilə təsirsiz qazlar He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn və atmosfer şəraitində kimyəvi birləşmələr əmələ gətirən aktiv elementlər (O, H, C, N, Y) daxildir.

A.İ.Perelmana görə su miqrantları qrupu bir neçə yarımqruplara bölünür. Burada əsasən elementlərin mütəhərrikliliyi və oksidləşmə-reduksiya proseslərinə təsir etmələri nəzərə alınır. Mütəhərrik və çox mütəhərrik elementlərə aiddir: Cl, Br, S, Ca, Na, Mg, Sr, Ra, F, B. Zəif mütəhərrik kation və anionları K, Ba, Rb, Li, Be, Cs, Ti, Si, P, Ge, Sn, Sb, As kimi elementlər əmələ gətirilər. Reduksiyaedici qleyli mühiti mütəhərrik Fe, Mn, Co yaradır. Mütəhərrik və zəif mütəhərrik oksidləşmə qleyli şəraiti isə Zn, Cu, Ni, Pb, Cd elementləri əmələ gətirir. Lakin geoloji və geokimyəvi problemlərin həlli istiqamətində aparılan konkret kimyəvi proseslərin analizi üçün bu təsnifat kifayət etmir.

Biofil dərəcələrinə görə A.İ.Perelman kimyəvi elementləri belə sıralandırır:

- 1) maksimum biofillər – C,
- 2) yüksək biofillər – N, H,
- 3) orta biofillər – O, Cl, S, P, B, Br,
- 4) aşağı biofillər – Fe, Al.

Elementlərin biofillik dərəcəsinə görə qruplaşdırılması onların canlı orqanizmlərdə rolu və kimyəvi elementlərin miqrasiya prosesini aydınlaşdırmaqdır.

Bitkilərin kimyəvi elementləri seçib udma qabiliyyətini **bioloji udma koeffisenti** adlandırırlar. Bunu isə məlum ele-

mentin bitki külündə miqdarının həmin elementin litosferdə yaxud torpaqda miqdarına olan nisbətində görə hesablayırlar.

Hər bir elementin torpaqəmələgəlmə prosesində rolunu qiymətləndirmək üçün onların qruplara bölünməsi münasibdir. Bu zaman elementlərin mineralların struktur qəfəslərinin yaranmasında və torpaq kütləsinin əmələ gəlməsində konstitusion rolu aydınlaşa bilər. Belə olan halda birinci növbədə torpaq silikatlarını və alümosilikatlarını yaradan Si, Al və O-nin rolu məlum olar. Daha sonra üzvi maddələrin əsas komponentləri sayılan C, H, N, O-nin nəyə qədər olduqları üzə çıxar. Ümumiyyətlə, torpaq quruluşuna əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərən pedomorflar elementlər qrupunun öyrənilməsi xüsusi diqqət tələb edir.

TORPAĞIN ELEMENT TƏRKİBİNİN İFADƏ EDİLMƏ ÜSULLARI

Ən çox yayılan, sadə və ənənəvi üsullardan biri torpağın tərkibinə daxil olan oksidlərin ümumi element tərkibini analiz etməklə hesablamadır. Bu üsul əsasən makroelementləri təyin etmək üçün işlədilir. Torpağın tam ümumi analizində aşağıda göstərilən oksidləri hesablayırlar: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , Na_2O , MnO , CaO , MgO , SO_3 , P_2O_5 , K_2O . Bu üsulun yeganə üstün cəhəti odur ki, aparılan analizin dəqiqliyini yoxlamaq tez mümkündür. İlk yaxınlaşmada hesablamaları torpağın közərdilmiş çəkisində ali oksidlərin cəmi 100%-ə yaxın olmalıdır, buraxılan kənara çıxmalar 1-1,5%-dən çox olmamalıdır. Belə yoxlamalar şərti xarakter daşıyır. Çünki elementlərin valentliyi həmişə onların ali oksidlərdəki tutduqları vəziyyətə cavab verə bilmir. Həmçinin elementlərin

hamısı torpaqda oksigenli birləşmələrlə təmsil olunurlar. Yuxarıda saydığımız makroelementlərdən torpaqda Fe, Mn və S müxtəlif dərəcədə oksidləşməyə qadirdilər. Reduksiya olunmuş torpaqlarda bəzi elementlər sulfidlər kimi təsvir edilirlər. Məsələn, əgər piritin (FeS_2) analizinin nəticələrini oksid formasında ifadə etsək, onda oksidlərin cəmi 200%-dən çox olacaqdır.

Lakin torpaqda bütün elementlərin çəkisini oksid formasında ifadə etmək düz olmazdı. Yalnız Ti, Si, Fe, Al və s. torpaqda oksid formasında müxtəlif kristallaşma dərəcəsində mövcuddurlar. Qalan oksidlər torpaqda sərbəst vəziyyətdə mövcud ola bilmirlər.

Oksid formada ifadə torpağın tərkibində müxtəlif elementlərin kəmiyyətə nisbətləri haqqında təsəvvür yarada bilər. Çünki istər çəki, istərsə də mol.-la ifadə də oksigenin payı oksidlərin tərkibində müxtəlif olur. Məsələn, SO_3 -in tərkibində S 40% təşkil edirsə, K_2O -in tərkibində K 83% təşkil edir. Əgər, analiz etdiyimiz torpağın tərkibində 1,5% K_2O və 0,3% SO_3 varsa, onda K_2O miqdarı həmin torpaqda SO_3 -dən 5 dəfə artıq olduğu məlum olar. Elementin miqdarını hesablasaq, onda görürük ki, kaliumun miqdarı 1,25%, kükürdünkü isə 0,12%-ə bərabərdir. Daha doğrusu həmin torpağın tərkibində K S-dən 10 dəfə çoxdur. Beləliklə, bir daha aydın olur ki, oksidlərin miqdarını bilməklə torpaqda mövcud olan kimyəvi elementlərin kəmiyyətini və onların nisbətlərini dəqiq tapmaq mümkün deyil.

Torpaqların element tərkibini tam bilmək üçün onların analiz nəticələrinin faizlə ifadə edilməsi bəs eləmir (element yaxud oksid forması). Məlumdur ki, kimyəvi reaksiyalarda yaxud proseslərdə atomlar, ionlar, molekullar iştirak edərək, bir

torpaq horizontundan digərinə keçir. Son nəticə isə reaksiyaya girən atomların və molekulların sayından asılı olur. Başqa sözlə desək, prosesin yekunu və intensivliyi reaksiyaya girən maddənin kütləsi ilə yox, maddə hissəciklərinin sayı ilə ifadə olunur.

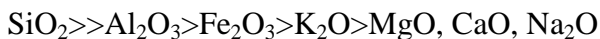
Misal olaraq dağ qaratorpaqlarında alüminium və dəmiri müqayisə edək. Bu torpağın əkin qatında 9,2% Al_2O_3 və 3,7% Fe_2O_3 vardır. Hər iki elementi faizlə ifadə etsək, görürük ki, 4,9% Al, 2,6% Fe bu torpağın tərkibində mövcuddur. Bilirik ki, bu elementlərin atom çəkiliəri arasında böyük fərq vardır: 26,98 və 55,85. Beləliklə, aydın olur ki, 100 q torpaqda bunların miqdarı 0,18 mol Al və 0,047 mol Fe təşkil edir. Əgər kütlədə Al miqdarı Fe-dən 1,9 dəfə çoxdursa, atomların sayına görə isə 3,8 dəfə olacaqdır.

Başqa bir misal göstərək: çimli-podzol torpaqların E horizontunda 95% CaO və 0,75% MgO olarsa, Ca və Mg miqdarı 0,68 və 0,45% olar. Bu iki elementin faizlə göstərilən miqdarının müqayisəsindən məlum olur ki, Ca miqdarı Mg-dən üstündür. Lakin mol-la ifadə edəndə 100 q torpaqda Ca 0,17, Mg isə 0,19 mol olur.

Ona görə də torpaq komponentlərinin kimyəvi quruluşunu tədqiq edəndə (xüsusilə transformasiya, miqrasiyanın qanunauyğunluğu, elementlərin akkumulyasiyası və s.) məlum kütləyə (kq) görə mol-la ifadə etmək daha məqsədə uyğundur. Beynəlxalq vahidlər sisteminə görə mol – sadə və mürəkkəb maddələrdə struktur elementlərinin miqdarı (atomlar, molekular, ionlar və elektronlar) 12 q ^{12}C atomuna bərabərdir, daha doğrusu $6,022 \cdot 10^{23}$ (Avoqadro ədədi). 1 kq torpaqda elementlərin mol-la miqdarını tapmaq üçün onun torpaqda faizlə miqdarının 10 rəqəminə vurub atom kütləsinə bölmək lazımdır:

$$\text{mol/kq} = (\% \cdot 10) : \text{AK}$$

3 sayılı cədvəldə müxtəlif üsullarla təyin edilmiş çimli-podzollu torpaqların element tərkibi təsvir edilmişdir. Cədvəldən görüldüyü kimi oksidlərin cəmi 89-dan 97%-dək tərəddüd edir. Oksidlərin cəminin ən az müşahidə olunduğu üst horizontda (A_1E) 89,35% olmuşdur. Çünki burada üzvi maddələr daha çox toplanır. Oksidlərin miqdarına görə ardıcılıq sırası belədir:



Elementlərin hesablanması zamanı bu sıra öz qüvvəsində qalır, lakin elementlərin nisbətində isə dəyişilir. Məsələn, A_1E horizontunda SiO_2/Fe_2O_3 nisbəti 28,4-ə bərabər olurdursa, $Si/Fe=19,0$ olur.

Nisbətlər əmsalının hesablanması oksidlərin formulasından və elementlərin atom kütləsindən asılıdır. Aşağıda bəzi elementlərin hesablama əmsalını təsvir edək.

**Çimli-podzollu torpaqların element tərkibi,
(mütləq quru çəkiyə görə)**

| I. Oksidlərin faizlə miqdarı | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------|------------|-----------------------|------------------------|-------------|----------|
| Horizont | Dərinlik, sm | SiO₂ | Al₂O₃ | Fe₂O₃ | CaO | MgO | K₂O | Na₂O | Cəmi | O |
| A1E | 2-11 | 73,04 | 8,74 | 2,57 | 1,02 | 0,66 | 2,22 | 1,10 | 89,35 | |
| E | 11-27 | 78,43 | 10,02 | 2,69 | 0,92 | 0,73 | 2,37 | 1,20 | 96,36 | |
| E | 33-42 | 81,34 | 7,83 | 2,65 | 1,19 | 0,72 | 2,23 | 1,17 | 97,13 | |
| B1 | 60-87 | 73,85 | 11,52 | 4,39 | 1,12 | 1,28 | 2,71 | 1,04 | 95,91 | |
| B2 | 90-100 | 72,49 | 12,34 | 4,88 | 1,17 | 1,30 | 2,70 | 1,10 | 95,98 | |
| B3 | 170-190 | 70,00 | 13,59 | 5,26 | 1,03 | 1,76 | 2,62 | 1,07 | 95,33 | |
| II. Elementlərin faizlə miqdarı | | | | | | | | | | |
| Horizont | Dərinlik, sm | Si | Al | Fe | C | Mg | K | Na | O | O |
| A1E | 2-11 | 34,18 | 4,62 | 1,80 | 0,73 | 0,40 | 1,84 | 0,82 | 44,96 | |
| E | 11-27 | 36,71 | 5,30 | 1,88 | 0,66 | 0,44 | 1,97 | 0,89 | 48,51 | |
| E | 33-42 | 38,07 | 4,14 | 1,85 | 0,85 | 0,43 | 1,85 | 0,87 | 49,07 | |
| B1 | 60-87 | 34,56 | 6,09 | 3,07 | 0,80 | 0,76 | 2,25 | 0,77 | 47,61 | |
| B2 | 90-100 | 33,93 | 6,53 | 3,41 | 0,84 | 0,78 | 2,24 | 0,82 | 47,43 | |
| B3 | 170-190 | 32,76 | 7,19 | 3,68 | 0,74 | 1,06 | 2,17 | 0,79 | 47,94 | |

| III.Elementlərin miqdarı, mol/kq | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Horizont | Dərinlik, sm | Si | Al | Fe | C | Mg | K | Na | O | |
| A1E | 2-11 | 12,17 | 1,71 | 0,32 | 0,18 | 0,16 | 0,47 | 0,36 | 28,10 | |
| E | 11-27 | 13,07 | 1,96 | 0,34 | 0,16 | 0,18 | 0,50 | 0,39 | 30,32 | |
| E | 33-42 | 13,55 | 1,53 | 0,33 | 0,21 | 0,18 | 0,47 | 0,38 | 30,67 | |
| B1 | 60-87 | 12,30 | 2,26 | 0,55 | 0,20 | 0,31 | 0,58 | 0,33 | 29,76 | |
| B2 | 90-100 | 12,08 | 2,42 | 0,61 | 0,21 | 0,32 | 0,57 | 0,36 | 29,64 | |
| B3 | 170-190 | 11,66 | 2,66 | 0,66 | 0,19 | 0,44 | 0,56 | 0,35 | 29,34 | |
| IV.Elementlərin mol hissəkləri (mol-un cəmindən faizlə) | | | | | | | | | | |
| Horizont | Dərinlik, sm | Cəmi, mol/kq | Si | Al | Fe | C | Mg | K | Na | O |
| A1E | 2-11 | 43,47 | 28,0 | 3,9 | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 1,1 | 0,8 | 64,6 |
| E | 11-27 | 46,92 | 27,9 | 4,2 | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 1,1 | 0,8 | 64,6 |
| E | 33-42 | 47,32 | 28,6 | 3,2 | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 1,0 | 0,8 | 64,8 |
| B1 | 60-87 | 46,29 | 26,6 | 4,9 | 1,2 | 0,4 | 0,7 | 1,3 | 0,7 | 64,3 |
| B2 | 90-100 | 46,21 | 26,1 | 5,2 | 1,3 | 0,5 | 0,7 | 1,2 | 0,8 | 64,1 |
| B3 | 170-190 | 45,86 | 25,4 | 5,8 | 1,4 | 0,4 | 1,0 | 1,2 | 0,8 | 64,0 |

| İlkin nisbət | | Axtarılan nisbət | | Hesablama əmsalı |
|--|---|-------------------------------|---|-------------------------|
| $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ | → | $\frac{\text{Si}}{\text{Al}}$ | → | 0,88 |
| $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ | → | $\frac{\text{Si}}{\text{Fe}}$ | → | 0,67 |
| $\frac{\text{SiO}_2}{\text{CaO}}$ | → | $\frac{\text{Si}}{\text{Ca}}$ | → | 0,65 |
| $\frac{\text{SiO}_2}{\text{MgO}}$ | → | $\frac{\text{Si}}{\text{Mg}}$ | → | 0,77 |
| $\frac{\text{SiO}_2}{\text{K}_2\text{O}}$ | → | $\frac{\text{Si}}{\text{K}}$ | → | 0,56 |
| $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O}}$ | → | $\frac{\text{Si}}{\text{Na}}$ | → | 0,63 |

Göründüyü kimi hesablama əmsalları eyni olmur. Bu o deməkdir ki, elementlərin toplanması, miqrasiyası, torpaq profilində paylanması istifadə olunan analiz formalarından asılı olaraq müxtəlifliklə nəticələnir. Kütlə deyil, mol vahidindən istifadə etdikdə daha ziddiyətli nəticələr alınır.

Kütlə ilə ifadə etdikdə Al 2-3 dəfə Fe miqdarından çox olur, atomların sayına gəldikdə isə 4-5 dəfə üstün olur (cədvəl 3). Ca kütləsi üst horizontlarda Mg-dan 1,5-2 dəfə atomların sayı isə təqribən bərabər olur. Bu oxşarlığı K və Na arasında da müşahidə etmək olur.

Ümumiyyətlə, torpaq kimyasında qarşıya qoyulan məsələdən asılı olaraq analizlərin nəticələrini hesablamaq üçün müxtəlif üsullardan istifadə edilir. Ən çox işlənən üsullar aşağıda göstərilənlərdir:

- havada quru torpağa görə hesablama;
- mütləq quru torpağa görə hesablama (105°C);
- közərdilmiş torpağa görə hesablama;
- humuzsuz torpaq kütləsinə görə hesablama;
- karbonatsız torpağa görə hesablama;
- humuzsuz və karbonatsız torpağa görə hesablama;
- karbonatlı torpağa görə hesablama;
- müəyyən torpaq həcminə görə hesablama.

Bunlardan başqa elə hesablamalar var ki, tam torpaq kütləsinə görə və bəzən də onun bir hissəsinə görə aparılır. Məsələn, karbonun və azotun miqdarını tam torpaq kütləsinə görə hesablamaq lazımdır, çünki burada olan üzvi maddələrin miqdarını yalnız bu üsulla tapmaq olar. Belə üsul humusun keyfiyyət xüsusiyyətlərini təyin etməyə imkan yaradır. Lakin torpaq nəmliyi dəyişkən vahid olduğundan, yəni nümunənin götürülmə vaxtı, tarlanın vəziyyəti, saxlanma şəraiti, laboratoriya havasının nəmliyi və s. amillərdən asılı olduğuna görə hesablamayı 105°C -də qurudulmuş torpağa görə aparırlar. Hansı ki, nümunələrdən hiqroskopik su çıxarılır, lakin kons-titusion suya toxunulmur. Bu zaman təyin olunan elementin miqdarını $\frac{100+A}{100}$ əmsalına vururlar. A burada 105°C -də quru-dulmuş torpağın nəmliyidir. Humuzsuz və karbonatsız torpaq-larda $\frac{100}{100-x}$ əmsalından istifadə olunur. X – torpaqda humusun %-lə miqdarıdır.

Element tərkibinə görə torpağın profilində real fərqi müəyyən etmək üçün hesablamayı humuzsuz yaxud karbo-natsız nümunələrdə aparırlar.

Buna misal olaraq Gədəbəy rayonunun dağ qaratorpaq-larının element tərkibinə nəzər yetirək (cədvəl 4).

**Dağ qaratorpaqlarının profilində Si, Al və
Fe paylanması (%)**

| Hori- zont | Mütləq quru çəkiyə görə | | | Humussuz çəki | | | Karbonatsız çəki | | | Közərlilmiş karbonatsız çəki | | |
|---------------|-------------------------------|-----|-----|------------------|-----|-----|---------------------|-----|-----|------------------------------------|-----|-----|
| | Si | Al | Fe | Si | Al | Fe | Si | Al | Fe | Si | Al | Fe |
| A 0-10 | 31,9 | 4,9 | 2,6 | 35,8 | 5,5 | 2,9 | 31,9 | 4,9 | 2,6 | 37,0 | 5,6 | 3,0 |
| A1 40- 50 | 33,9 | 5,7 | 2,7 | 35,7 | 6,0 | 2,8 | 33,9 | 5,7 | 2,7 | 36,6 | 6,2 | 2,9 |
| B 100- 110 | 28,7 | 4,6 | 2,4 | 29,0 | 4,7 | 2,4 | 35,3 | 5,7 | 3,0 | 36,7 | 5,9 | 3,1 |

Bütün torpaq kütləsinə görə (mütləq quru çəkiyə) element tərkibini hesabladıqda profildə fərqlər aydın hiss olunur. Si, Al, Fe maksimal qatılığı 40-50 sm qatlarda təsadüf edilir. Yuxarı və aşağı horizontlar nisbətən kasıbdırlar. Lakin silikatların yayılması məsələsində nəticə çıxarmağa tələsimək lazım deyil. Bu məsələ haqqında düzgün qərar vermək üçün üst horizontda (0-10 sm) və digər qatlarda humusun miqdarına diqqət ayırmaq. 0-10 sm qatda humus 8,0%, 40-50 sm-də 5,1% və ən alt qatda isə (100-110 sm) 1,4% təşkil edir. Bu zaman elə həmin alt horizontda 19% karbonatlar müşahidə edilmişdir. Artıq profildə Si, Al, Fe miqdarının bu cür fərqlənməsini başa düşmək çətin deyildir. Çünki buna birbaşa profildə üzvi maddələrin və CaCO₃ toplanması ilə bağlıdır. Hesablanmanı humussuz çəkintiyə görə apardıqda iki üst horizontlarda

elementlərin miqdarı təqribən bərabərləşir. Karbonatların təsiri xaric edildikdən sonra iki alt horizontların tərkibi birbirinə yaxınlaşır.

Torpaqəmələgəlmə prosesi təkcə kimyəvi dəyişikliklərdən ibarət deyildir bu zaman torpağın həcm kütləsində də böyük dəyişikliklər baş verir.

Bu əsasən torpağın mexaniki yumşalması və torpaqəmələgətirən süxurların sıxlaşması zamanı baş verir. Torpağın nisbi sıxlığını iki yolla müəyyən etmək olar: 1) torpağın element tərkibini kütlə vahidi ilə yox, həcm vahidi ilə ifadə etməklə; 2) ehtiyat elementləri hesablamaqla. Adətən ehtiyat elementləri hər horizont üçün ayrıca və bir hektara görə hesablanır.

Ehtiyat elementləri ən tez hesablamaq üçün bu formula-dan istifadə etmək məqsədə uyğundur.

$$\varepsilon = 1000 \cdot H \cdot V \cdot X$$

Burada ε – ehtiyat elementlər, kq/ha; H – dərinlik, sm; V – həcmi kütlə, q/sm³; X – elementin miqdarı, %-lə.

Ehtiyat elementləri torpağın hər bir qatında hesablayırlar. Ümumi ehtiyat elementləri kq/ha, t/ha, q/sm² vahidlərindən istifadə edib və genetik horizontlara görə toplayırlar, məsələn:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \varepsilon_{A_1} + \varepsilon_E + \varepsilon_B + \dots$$

Təcrübədə bunu çox zaman torpağın əkin qatına görə (0-20 sm) və lazım gələrsə 0-50 sm yaxud 0-100 sm qatlarda da hesablamaq olar.

Ehtiyat elementlərin analizi imkan verir ki, şümləmə, mədənələşdirmə, meliorasiya işlərindən sonra torpağın kim-

yəvi tərkibində baş verən bəzi dəyişiklərin səbəbini aydınlaşdıraraq.

Onu da qeyd etmək lazımdır ki, bir qata görə elementlərin miqdarını təyin etmək səhv nəticələyə bilər. Buna tipik misal olaraq şumlanan xam torpaqlarda üzvi karbonun miqdarının dəyişilməsini göstərək.

Tutaq ki, 0-10 sm qatda üzvi karbonun ($C_{üzvi}$) miqdarı C_1 , 10-20 sm qatda C_2 -dir. Heç bir təhlil aparmadan bilirik ki, $C_2 < C_1$ -dir. Onda $C_{üzvi}$ ehtiyatı 0-10 sm qatda belə olacaqdır.

$$\varepsilon_1 = 1000 \cdot 10 \cdot V_1 \cdot C_1$$

10-20 sm qatda isə

$$\varepsilon_2 = 1000 \cdot 10 \cdot V_2 \cdot C_2$$

0-20 sm qatında ümumi ehtiyat belə ifadə olacaqdır:

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 1000 \cdot 10 \cdot V(C_1 + C_2)$$

bu şərtlə ki, $V_1 = V_2 = V$ olsun.

Şumdan sonra orta hesabla 20 sm qatda ($A_{şum}$) üzvi karbonun miqdarı aşağıdakı formula ilə ifadə oluna bilər:

$$\varepsilon_3 = 1000 \cdot 20 \cdot V \cdot C_3$$

Əgər ehtiyat üzvi maddələr dəyişilməzsə, şərti olaraq həcmi kütləni bərabər götürsək onda

$$1000 \cdot 10 \cdot V(C_1 + C_2) = 1000 \cdot 20 \cdot V \cdot C_3 \quad \text{olar,}$$

yaxud

$$S_3 = \frac{S_1 + S_2}{2} \text{ şəklində ifadə olunur.}$$

Məsələnin şərtində qəbul etmişdik ki, $C_2 < C_1$ -dir. Deməli, $C_3 < C_1$ olması şübhəsizdir. Bu hesablama sadə məntiqi nəticəni bir daha təsdiqləyir ki, $A_{şum}$ horizontu ilə müqayisədə A_1 horizontunda üzvi maddənin miqdarı tədricən azalmalıdır.

ELEMENTLƏRİN MOL NİSBƏTLƏRİ

Torpaqəmələgəlmə prosesinin gedişində elementlərin nisbətləri ya sabit qalır, yaxud qanunauyğun şəkildə dəyişilir. Hər hansı cüt elementlərin qatılıq nisbətlərinin analizi torpağın xassələri haqqında mühüm və yeni informasiyalar almağa imkan yaradır.

Torpaqşünaslıqda bu cütlüklərin C:H, C:N, C:O, SiO₂:Al₂O₃, SiO₂:Fe₂O₃ nisbətlərinin hesablanması çox geniş istifadə olunur. Məsələn, C:H nisbəti torpaqda üzvi maddələrin quruluş tipləri haqqında nəticə çıxarmağa imkan verir. C:N nisbəti humusun azotla zənginləşməsi və bəzi humus əmələgəlmə xüsusiyyətlərini aydınlaşdırır. SiO₂:Al₂O₃ nisbəti gilli mineral tiplərinin müxtəlifliyi üçün xarakterikdir. Həmçinin mineraloji tərkibi təyin edən zaman əlavə diaqnostik əlamət hesab edilir. SiO₂:Al₂O₃ və SiO₂:Fe₂O₃ nisbətlərindən torpağın aşınma qabığına tiplərini və kimyəvi tərkibinin müəyyən edilməsində istifadə edilir.

Yuxarıda göstərilən nisbətlərin hesablanması mol vahidləri ilə ifadə edilir (əvvəllər bu termin atom və ya molekulyar kəmiyyətlər adlanırdı). Elementlərin mol münasibətlərini tapmaq üçün analiz nəticəsində alınan rəqəmin faizlə miqdarını onun atom kütləsinə bölmək lazımdır.

Onda mol nisbətlərini hesablamaq üçün aşağıdakı formulalardan istifadə edilməlidir:

$$S: N \frac{S(\%) \cdot 1}{12 \cdot N(\%)};$$

Burada C(%), H(%) – analiz olunan nümunədə elementin faizlə miqdarıdır.

$$C: N \frac{C(\%) \cdot 14}{12 \cdot N(\%)} = \frac{C(\%)}{N(\%)} \cdot 1,17;$$

$$C: O \frac{C(\%) \cdot 16}{12 \cdot O(\%)} = \frac{C(\%)}{O(\%)} \cdot 1,33;$$

$$SiO_2: Al_2O_3 \frac{SiO_2(\%) \cdot 102}{60 \cdot Al_2O_3(\%)} = \frac{SiO_2(\%)}{Al_2O_3(\%)} \cdot 1,7;$$

$$SiO_2: Fe_2O_3 \frac{SiO_2(\%) \cdot 160}{60 \cdot Fe_2O_3(\%)} = \frac{SiO_2(\%)}{Fe_2O_3(\%)} \cdot 2,67.$$

$SiO_2 : R_2O_3$ nisbətini hesabladıqda bilmək lazımdır ki, R_2O_3 əslində $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ cəmi kimi qəbul edilmişdir.

$$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = \frac{Al_2O_3(\%)}{102} + \frac{Fe_2O_3(\%)}{160}$$

sonra SiO_2 -in mol sayını bu cəmə bölmək lazımdır.

Ona görə də **allit** fraksiyalarında $SiO_2 : R_2O_3 < 2,5$; **siallit** fraksiyalarında isə $SiO_2 : R_2O_3 > 2,5$ olur.

Aşınma məhsullarında qələvi və qələvi-torpaq elementlərinin itkisini və toplanmasını qiymətləndirmək üçün onların mol nisbətlərini hesablayırlar.

$$\frac{Na_2O + K_2O}{Al_2O_3}, \frac{CaO + MgO}{Al_2O_3} \quad yaxud$$

$$\frac{Na_2O + K_2O + CaO + MgO}{Al_2O_3}$$

Hesablama üsulu analoji olaraq yuxarıdakı formada aparılır. Gil minerallarında mol nisbətlərini həm elementlərə həm də oksidlərə görə hesablamaq olar. Məsələn, kaolinitin mol nisbəti $Si:Al=1:1$ yaxud $SiO_2 : Al_2O_3=2$ olur. Bu cür nisbət muskovit mineralında da müşahidə edilir. Montmorillonit qrupu minerallarında bu nisbət ($SiO_2 : R_2O_3$) 4-ə qədər yüksəlir.

TORPAQ FAZASININ TƏRKİBİ

Torpaq proseslərinin mexanizmini araşdırdıqda təkcə element tərkibi az informasiyalı hesab edilir. Torpaqəmələgəlmə eyni vaxtda, ardıcıl proseslər və kimyəvi reaksiyalar nəticəsində baş verir. Hələlik bu proseslərin tam və təkmilləşmiş təsnifatı yoxdur.

İlkin torpaq-kimyəvi prosesləri aşağıdakı qruplara bölmək olar:

1. Torpağın üzvi və mineral komponentlərinin transformasiya prosesləri.
2. Maddələrin köçürülmə prosesləri.
3. Torpaq horizontları və profilində spesifik mürəkkəb proseslərin formalaşması.

Transformasiya prosesinə daxildir: müxtəlif maddələrin kimyəvi reaksiyalar zamanı parçalanması, sintezi, yenidən yaranması torpaqəmələgətirən süxurlardan və xaricdən torpaq tərkibinə daxil olmaları.

Bura həmçinin minerallar və dağ süxurlarını aşındıran bütün kimyəvi reaksiyalar, həllölmələr, oksidləşmələr, reduksiya, hidrolizlər və s. daxildir. Bu qrupa üzvi maddələrin

minerallaşması reaksiyaları, humifikasiya prosesləri, qalıqların birləşmə və həllolma reaksiyaları da aid edilir.

Maddələrin köçürülmə prosesləri – torpaqdaxili miqrasiyanı əhatə etməklə, həmçinin torpaq sərhəddindən kənara (atmosferə, suya, süxurlara) maddələrin miqrasiyası kimi anlaşılır. Bu proseslər qrupuna elyuvial, illyuvial, akkumulyasiya, yuyulma, lessivaj və s. daxildir.

Torpaq proseslərinin və onun horizontlarının dəyişilməsi – tam, spesifik təzahür forması olub, çoxlu proseslər və reaksiyalardan ibarətdir. Məsələn, qleyləşməni, podzollaşmanı və s. bura aid etmək olar.

Bu prosesləri başa düşmək üçün daha torpağın element tərkibinə yox, onun molekulyar tərkibinə istinad etmək lazımdır. Artıq konkret reaksiyalarda atomlar deyil, ionlar və molekullar iştirak edir. Ona görə də torpaq kimyası real olaraq molekulların xassələrinə əsaslanır.

Kütlədən asılı olmayaraq eyni tərkib və eyni termodinamik xassələrə malik olan heterogen sistemin homogen hissələrinin məcmusuna **faza** deyilir. Belə bir tərifdən sonra, aydın olur ki, torpaq çox fazalı sistemdir. Bəzən torpağın üçfazlı sistem (bərk, maye, qaz) kimi ifadə olunması «faza» anlayışı ilə qətiyyənlə düz gəlmir. Yaxşı olar ki, bərk, maye, qaz hissələri deyin. Çünki «faza» termini kimyada və termodinamikada ciddi təyin edilmiş fikri ifadədir. Lakin torpaqşünaslar faza deyəndə torpağın **bərk, maye, qaz və canlı orqanizmləri** anlayırlar və biz də bu cür qəbul edirik.

Lakin xaricdən olan təsirlər torpaq fazalarının dəyişməsində böyük rol oynayır. Məsələn, yerin cazibə və maqnit sahələrini buna misal göstərə bilərik. Belə şəraitdə qravitasiya qüvvələrinin təsiri altında torpaq məhlulunun bircinsliliyi hə-

mişə pozulur. Suyun hərəkəti, temperaturun tərəddüdü atmosfer və torpaq-hava mübadiləsini həyata keçirir. Bu cür qüvvələrin təsiri altında müxtəlif həcm torpaqlarda torpaq məhlulu və torpaq havasının dəyişilməsi şübhəsizdir. Praktiki olaraq hər bir kimyəvi element torpaqda olan müxtəlif maddələrin tərkibinə daxildir və eyni vaxtda müxtəlif fazalarda da ola bilər.

III FƏSİL

TORPAĞIN RƏNGİ VƏ KİMYƏVİ TƏRKİBİ

Pedomorf elementlər sırasında torpağın rənginə təsir edən xüsusi yarımqrup elementləri ayırmaq vacibdir. C, Fe, Mn, Ca, Si belə elementlərdən sayılır. Silisium birləşmələri torpaq kütləsinin başlıca hissəsini təşkil edərək ona ağımtıl rəng verir.

Torpağın rəngi onun çox mühüm makromorfoloji əlamətlərindən olub, təsnifat və diaqnostika məsələlərində geniş istifadə edilir. Bütün çöl torpaq tədqiqatları onun rənginə istinad edilərək, horizontlara və profillərə ayrılır.

1927-ci ildə prof. S.İ.Tyuremnov torpağın rənginə görə formalaşması hipotezini (qara, sarı, qırmızı və ağ) irəli sürdü. Sonra isə üç rəngli spektrə əsaslanan nəzəriyyə qəbul edildi. Rənglər haqqında olan ümumi nəzəriyyə isə torpağa rəng verən komponentlərin hamısı nəzərə alınmaqla, spektral əksətdirmə qabiliyyətinə görə spektrofotometrik ölçülərə əsaslandı.

Torpağa və onun horizontlarına rəng verən maddələrə **torpaq piqmentləri** deyilir.

Karbon birləşmələri, dəmir, manqan və kükürdün bəzi formaları başlıca torpaq piqmentləri sayılır.

Karbonun birləşmələri torpağın rənginə ikitərəfli təsir göstərir. Mineral birləşmələri (torpaq karbonatları) ağ rəng verir. Burada əsasən CaCO_3 və MgCO_3 başlıca rol oynayır. Üzvi karbon birləşmələri isə torpağa sarımtıl, qonur və yaxud qaramtıl rənglər verir.

Manqan adətən torpağa tünd rəng verir ki, bu da pirolyuzitin (MnO_2) təsirindən olur. Bəzi metalların sulfidləri də torpağa tünd və ya qara rəng verə bilər. Buna əsasən reduksiyaedici şəraitlərdə rast gəlinir.

Torpaq profilinə həm müxtəlif və həm də parlaq rəngi dəmir birləşmələri verir. Qamma rənglər və onun çalarları çox geniş yayılmış dəmir birləşmələri ilə əlaqələndirilir. Bura sarı, samanı sarı, qırmızımtıl, qonur, sarı-yaşıl, yaşıl, qaramtıl rənglər aiddir. Adətən bütün yumşaq torpaqəmələgətirən süxurlar müəyyən dərəcədə dəmir birləşmələri ilə rənglənmiş olur. Bu ümumi sarımtıl və qonurvari rənglər torpaq profilində saxlanılır. Lakin dəmirin genetik horizontlar arasında paylanması bu rənglərin zəifləməsi və güclənməsi ilə müşayiət olunur.

Torpaq rənglərini qiymətləndirmək çox çətin bir problem sayılır, hətta praktiki olaraq torpaq horizontlarını öyrənərkən kimyəvi tərkibdən yaxud digər xassələrdən asılılığını müəyyən etmək mümkün olmur.

Ayrı-ayrı elementlərin və onların birləşmələrinin torpaq rənginin formalaşmasında rolunu rənglər ölçüsünün beynəlxalq sistemə əsaslanaraq qiymətləndirmək lazımdır. Hansı ki, burada şərti rənglərə (göy, yaşıl, qırmızı) təyinətmələr aparılır. Çox zaman spektral əksətdirmə qabiliyyəti əyrisindən istifadə edilir.

TORPAĞIN SPEKTRAL ƏKSETDİRMƏ QABİLİYYƏTİ

Torpaq da başqa cisimlər kimi ona düşən günəş şüalarının müəyyən hissəsini əksətdirmək qabiliyyətinə malikdir. Torpaq rənglərini xarakterizə etmək üçün elektromaqnit təradüdlərinin gözlə görünən intervalı (dalğa uzunluğu diapazonu 400-750Nm) qəbul edilmişdir.

Bütün torpaqların üst qatı kələ-kötürlü olur ki, bu da düşən şüaların müxtəlif istiqamətlərə yayılması ilə nəticələnir. Belə əksətdirməni güzgü əksətdirməsindən fərqli olaraq **diffuz əksətdirmə** adlandırırlar.

Diffuz əksətdirməni kəmiyyətə xarakterizə etmək üçün iki vahiddən istifadə edilir: 1) əksətdirmə əmsalı; 2) parlaqlıq əmsalı.

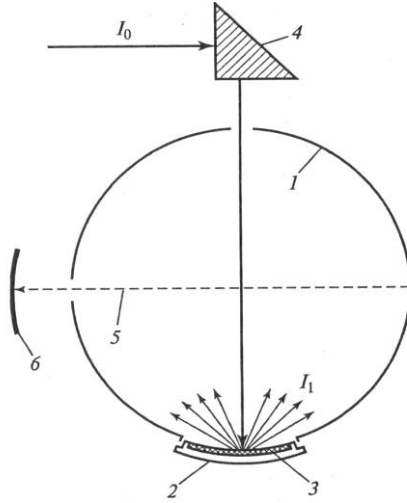
Bütün istiqamətlərə əksətdirilən şüaların intensivliyinin, torpağın səthinə düşən şüalar selinin intensivlik nisbətinə **əksətdirmə əmsalı** deyilir. Onun simvolunu « ρ » ilə işarə etsək:

$$\rho = (J/J_0)100\%$$

Burada: J – torpağın səthi tərəfindən bütün istiqamətlərə səpələnən şüalar seli;

J_0 – torpağa düşən şüalar seli.

Əksətdirmə əmsalını tapmaq üçün hər tərəfə səpələnən şüaları ölçmək vacibdir. Bunu isə yalnız inteqrir (birləşdirici) sfera yaxud **Teylor şarının** köməyi ilə etmək mümkündür. İnteqrir sfera içi boş, ağzı örtülməmiş şar olub, əksətdiriciliyi 100% olan maddə ilə (MgO, BaSO₄) daxili döşənir. Kyuvetə hazırlanmış torpaq nümunəsi qoyulur (şəkil 2).



**Şəkil 2. İnteqrir (birləşdirici) şarın quruluşu
(Teylor şarı)**

*1 – şarın daxili səthi, 2 – kyuvet, 3 – torpaq qatı, 4 – prizma,
5 – fotoelementə düşən şüalar seli, 6 – fotoelement, J_0 –
düşən şüalar seli, J_1 – əksolunan şüalar seli*

Beləliklə, torpaq səthindən əks olunan şüalar seli tamamilə şarın daxilində qalır və toplanaraq fotoelementə ötürülür. Nəticədə torpaq tərəfindən səpələnən şüaları ölçmək mümkün olur. Əksetdirmə əmsalını yalnız laboratoriya şəraitində təyin etmək olar, xarici amillərdən asılı deyil (yəni günəşin hansı istiqamətdən düşməsinin əhəmiyyəti yoxdur) ancaq torpaq səthi burada əsas rol oynayır.

Parlaqlıq əmsalını əksetdirmə əmsalından fərqli olaraq həm çöl həm də laboratoriya şəraitində təyin etmək olar, xarici amillərdən asılı deyil (yəni günəşin hansı istiqamətdən düşməsinin əhəmiyyəti yoxdur) ancaq torpaq səthi burada əsas rol oynayır.

Bunun üçün adi fotometrədən istifadə etmək mümkündür. Belə ki, konkret baxış bucağından istənilən istiqamətdə əksolunan şüalar seli intensivliyini ölçmək kifayətdir. Bu kəmiyyəti R -lə işarə etsək yuxarıdakı formula ilə parlaqlıq əmsalını tapa bilərik:

$$R = (J/J_0)100\%$$

Burada: J_0 – ideal ağ səthdən əksolunma, hansı ki, torpaq nümunəsi üstünə qoyulur; J – torpaq nümunəsi tərəfindən əks olunma (mütləq təyin olunmuş baxış bucağı nəzərə alınmaqla).

Təbii şəraitdə parlaqlıq əmsalını təyin edərkən ona bir çox amillər öz təsirini göstərir. Məsələn, müşahidə aparılan yerin, bucağın, havanın buludluluq dərəcəsinin, atmosferin toz luluq dərəcəsinin və s.

Əksetdirmənin spektral əmsalını monoxromatik şüalanmanı təyin etmək üçün edirlər və « $\rho\lambda$ » ilə işarələyirlər, λ - şüa dalğalarının uzunluğunu göstərir. Məsələn, əgər əksetdirmə əmsalını ölçdükdə, 620 nm alındı o zaman bunu ρ_{620} şəklində ifadə edirik.

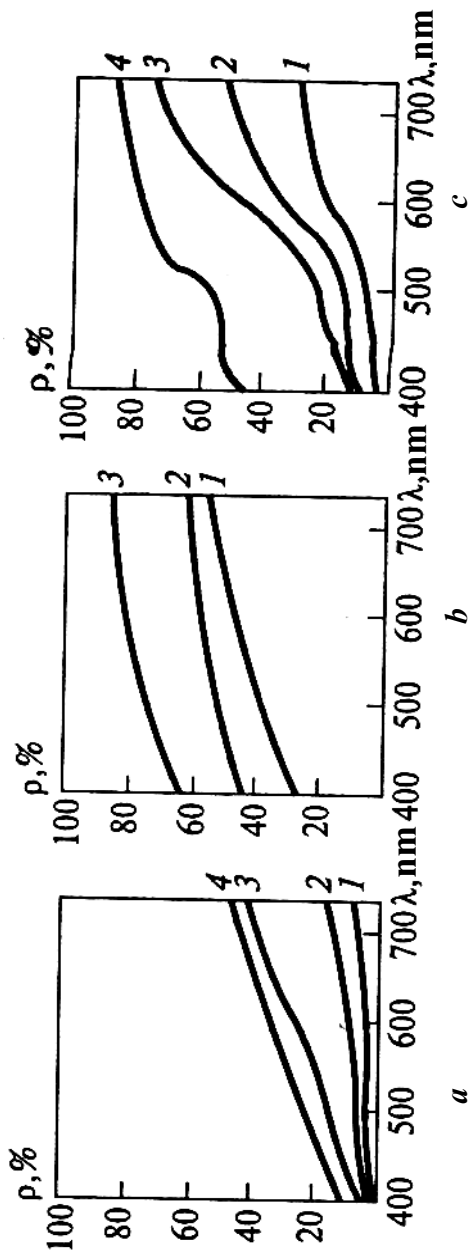
Təbii ki, torpaqlar müxtəlif şüa uzunluqlarını da eyni cür əks etdirməyəcək və « $\rho\lambda$ » kəmiyyəti dalğa uzunluqlarından asılı olaraq 400-750 nm intervalda daima dəyişəcəkdir. Coğrafi təsvirdən asılı olaraq « $\rho\lambda$ » dalğa uzunluğunu əksetdirmə spektri adlandırırlar. Hansı ki, bu da torpağın tam **spektral əksetdirmə** qabiliyyətini xarakterizə edir.

Torpaqların əksəriyyəti və genetik horizontlar üçün üç tip spektral əksetdirmə xarakterikdir. Birinci tip spektrlər az meyilli əyriylərlə təsvir olunmuşdur. Müqayisədə görürük ki, spektrin göy rəngindən (400 nm) tədricən qırmızı (750 nm)

rənginə qədər yüksəlir (şəkil 3, a). Belə əyrilər humuslu-akku­mulyativ horizontlar üçün xarakterikdir. 400 nm-də « $\rho\lambda$ » qi­yməti 8-15% arasında dəyişəcəkdir. 750 nm-də isə əksetdirmə əmsalı birbaşa humusun miqdarından asılı olacaqdır. Qarator­paqlarda ρ_{750} -də 15-20%, azhumuslu podzollu torpaqlarda isə 35-45% arasında dəyişəcəkdir. Spektral əyrilərin ikinci tipi də birinci tip əyrilərinə oxşardır (şəkil 3, b). Lakin 400-750 nm-­də çox sürətlə spektral əksetdirmə əmsallarının 20-25%-dən 50-60%-ə yüksəlməsi ilə birinci tipdən fərqlənir. Üçüncü tip spektral əyrilərində (şəkil 3, c) 500-600 nm-də çox kəskin bü­külmələrə rast gəlirik. Belə tip spektrlər əsasən illyuvial və dəmirli horizontlar üçün xarakterikdir. Bu da sarı-qonur, qonur və qırmızı-qonur rənglərin üstünlük təşkil etməsi ilə əlaqədardır. Tədqiqatın istiqamətindən asılı olan bəzi göstə­riciləri nəzərdən keçirək.

1. 750 nm dalğa uzunluğunda işığın əksetdirmə əmsalı (ρ_{750} ilə qiymətləndirdikdə). Bu çox informasiyalı göstərici­dir. Çünki torpaqla onun əksetdirmə qabiliyyəti arasında olan fərq çox aydın ifadə edilir. Bu əmsal birbaşa torpağın hu­musluluq dərəcəsindən asılıdır. Bu kəmiyyətə həmçinin tor­pağın çirkliliyi, karbonatlılığı, eroziyaya uğrama dərəcəsi, şor­laşması və s. təsir edir. Bütün hallarda bu əmsalın kəmiyyəti humusun miqdarı və tərkibi ilə yaxşı korrelyasiya (kəmiy­yətlərin bir-birindən asılılığı) olunur.

2. İnteqral (bütöv) əksetdirmə əmsalı (ρ_{Σ}). Əsasən ρ_{750} -­nin informasiyaları ilə oxşardır, lakin ρ_{Σ} kəmiyyətə ρ_{750} -dən nisbətən az olur.



Şəkil 3. Torpağın spektral əksetdirmə qabiliyyətini göstərən tipik əyrilər.

- | | | |
|--------------------------------|---|---|
| A – humuslu horizonlar: | B – bəzi şəffəfləşdirilmiş horizonlar: | C – dəmirli horizonlar: |
| 1 – adi qaratorpaqlar, | 1 – podzollu horizon, | 1 – qəhvəyi torpaqlarda B horizonu, |
| 2 – cənub qaratorpaqları, | 2 – kvars qumu, | 2 – cənub qaratorpaqlarında B horizonu, |
| 3 – qırmızıtorpaqlar, | 3 – kaolinit. | 3 – qırmızıtorpaqlarda B horizonu, |
| 4 – qonur-məşə torpaqları. | | 4 – kaolinit və dəmir oksid qarışığı. |

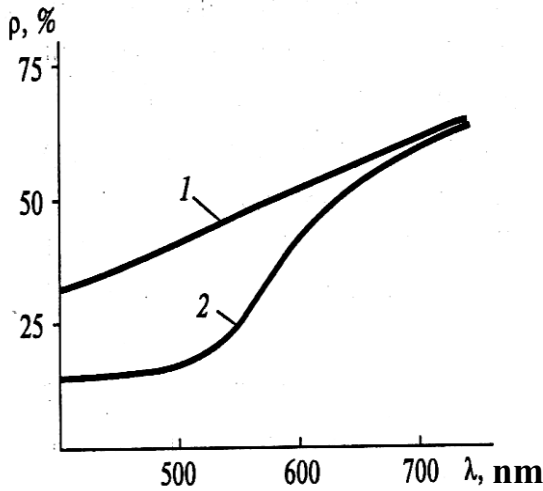
Bunu qrafikdə verilmiş uyğun gələn əyriyə daha yaxşı görmək mümkündür (şəkil 4).

3. İki dalğa uzunluğunda əksətdirmə əmsallarının fərqi ($\Delta\rho$). Burada dalğa uzunluqlarının obyektə və ya həll olunması məsələsinin məzmununa görə seçmək lazımdır. 650-480 nm intervalında dalğa uzunluğu dəmir oksidin tərkibi və miqdarının ölçüsü kimi istifadə edilir. Onda $\Delta\rho = \rho_{650} - \rho_{480}$ bu kəmiyyət bir çox torpaqlarda ümumi dəmirin miqdarını yaxud torpaq səthində olan hissəciklərin (dəmir oksidi) miqdarını göstərəcəkdir. İndi daha vacib göstəriciləri nəzərdən keçirək.

İntegral əksətdirmə əmsalı ρ_{Σ} 400-750 nm intervalında torpaq tərəfindən əks olunan işıq selinə bərabər olur. Aydındır ki, burada görünən spektrlər seçilir. Belə ki, ultrabənövşəyi şüaların əks olunması böyük olmadığından diqqəti cəlb etmir. İnfraqırmızı şüalar da bu prosesdə hələ kifayət qədər öyrənilməmişdir. Ona görə də ən yaxşısı gözlə görünən spektrin nəticələrini nəzərə almaqdır. Hansı ki, bu torpağın kimyəvi vəziyyəti haqqında daha aydın təsəvvür yaradır. ρ_{Σ} -nu tapmaq üçün absis oxu sərhəddinin sahəsini ölçüb (400-750 ni diapazon dalğa uzunluğunda) onu 100% əksətdirmə absis oxunun sərhəddinin ümumi sahəsinə aid edirlər. Tapılan bu kəmiyyəti ya vahidin bir hissəsi, yaxud faizlə ifadə edirlər. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi integral əksətdirmə əmsalı adətən ρ_{750} kəmiyyətindən az olacaqdır. ρ_{Σ} və ρ_{750} göstəricilərinin müqayisəsi daha dolğun informasiyalar almağa imkan yaradır (şəkil 4). Onu da qeyd etmək lazımdır ki, istilik balansını hesabladıqda ρ_{Σ} kəmiyyətini mütləq nəzərə almaq lazımdır.

Fövqaladə dərəcədə vacibdir ki, əksətdirmə qabiliyyəti əyrisinin hansı hündürlükdə və vəziyyətdə sınımasını təyin edə biləsən. Çünki bu məsələ birbaşa dəmir birləşmələri ilə əlaqə-

lidir. Spektral əksətdirmə əyrisində sınma hündürlüyünü təyin etmək üçün üç düz xətti A və B nöqtələrindən keçirməklə absis oxuna paralel çəkirik (şəkil 5). İndi obyektiv real sınma hündürlüyünü (h) millimetr və ya faizlə ifadə etməklə müəyyən edə bilərik. Sınma hündürlüyünü yarıya bölüb və buradan absis oxuna paralel daha bir xətt keçiririk və nəticədə yarım-sınmanın dalğa uzunluğunu tapırıq ($\lambda/2$).



Şəkil 4. Torpağın spektral əksətdirmə qabiliyyəti
(eyni ρ_{750} və müxtəlif ρ_{Σ} ilə)

1 – şorakət, 86-105 sm;

2 – hidromlrf şorakət, 0-2 sm

Bu üsulla « λ » şkalasında sınmanın vəziyyətini obyektiv qiymətləndirməklə, intensivliyini də ordinat oxunda təyin etmək olar. Sınımların ifadə olunma dərəcələrinə görə bir sıra

torpaqların xassələrini və parametrlərini qiymətləndirmək çox münasibdir.

Spektral əksətdirmə qabiliyyəti əyrisinin müxtəlif sahələrində maillik bucaqları kəmiyyətinin təyin etmədə xeyli köməyi olur. Belə ki, spektral əyrinin ümumi mailliyini tam şəkildə bucağın tangensi kimi ifadə etsək, onda

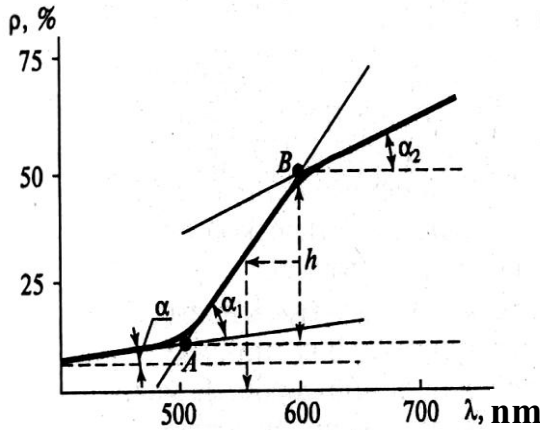
$$\frac{\rho_{750} - \rho_{400}}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

Burada $(\lambda_2 - \lambda_1) = 350$ nm olur.

Riyaziyyatda bucağın tangensi ölçüyə sığmayan kəmiyyətdir. Belə ki, sürətin məxrəcə nisbəti uzunluq vahidi ilə ölçülür və bölmə zamanı da ixtisar olunur.

Beləliklə, torpaqların və ya süxurların spektral əksətdirmə əyrisini tam xarakterizə etmək üçün aşağıdakı parametrləri bilmək vacibdir.

1. İşığın əksolunmasının inteqral əmsalı - ρ_{Σ} ;
2. « λ » dalğa uzunluğunda işığın əksolmasının spektral əmsalı - ρ_{λ} ;
3. Spektral əyrinin yarımınmanın dalğa uzunluğu - $\lambda_{1/2}$;
4. Sınma hündürlüyü - h ;
5. Spektral əyrinin maillik bucağının tangensi - $t g \alpha$;
6. Spektral əyrinin ayrı-ayrı sahələrinin maillik bucaqlarının tangensi - $t g \alpha_{\lambda_2 - \lambda_1}$;
7. Spektrin ayrı-ayrı sahələrində əksətdirmə əmsallarının fərqi - $\Delta \rho$.



Şəkil 5. Spektral əksətdirmə əyrisinin müxtəlif sahələrində sınma hündürlüyünün (h), yarımsınmanın dalğa uzunluğunun ($\lambda_{1/2}$) və mailik bucaqlarının ölçülməsi

Əlbəttə, müxtəlif torpaq tipləri və horizontlarında bu kəmiyyətlərin hamısını tapmaq o qədər də vacib deyil. Qarşıya qoyulan problemin həllindən, eləcə də tədqiqatçının qabiliyyətindən, nəzəri bilik səviyyəsindən asılı olaraq seçim edə bilər.

Çürüntülü-akkumulyativ horizontun rəngi humusun miqdarından asılıdır. Qaratorpaqlarda bunu axromatik – boz yaxud tünd-boz adlandırırlar. Azhumuslu torpaqlarda əksətdirmədə uzundalğalı şüaların miqdarı nisbətən çox olduğuna görə qırmızıya çalır, daha doğrusu belə torpaqların rəngini qonur-boz və ya boz-qonur kimi qəbul edirlər.

Üzvi maddələrin əksətdirmə qabiliyyətinin ən güclü təsiri 700-750 nm həudlarında olur. Spektral əksətdirmə əmsalı ilə (ρ_{750}) üzvi maddələrin miqdarı arasındakı asılılığı eksponensial tənliklə ifadə edilir:

$$\rho_{750} = Ae^{-kH} + \rho_H$$

Burada $\rho_{750} - \lambda_{750 \text{ nm}}$ olanda əksətdirmə əmsalı;

H – torpaqda olan üzvi maddənin miqdarı;

e – natural loqarifmanın əsası;

K və $A = \rho_0 - H$ – tənlikdə sabitdirlər və müxtəlif torpaqlarda fərqli ola bilərlər;

ρ_0 - humuzsuz süxurlarda əksətdirmə əmsalı.

ρ və H arasındakı əlaqənin qrafiki 6-cı şəkildə təsvir olunmuşdur (şəkil 6). Üzvi maddələrin nail olunmuş səviyyəsi (H_i) ilə işarə olunur.

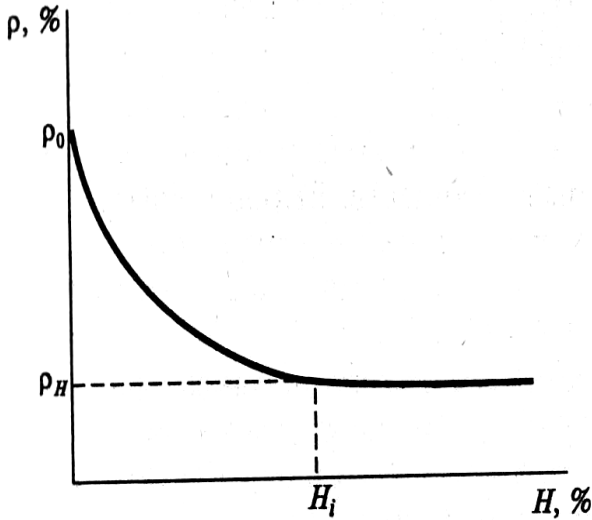
ρ_{750} kəmiyyətində humusun sonrakı toplanması orta hesabla sabit qalır. Deməli, H-in ρ_{750} təsirinin bir hüdudu vardır və aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\rho_{750} = f(H) \text{ amma } 0 < H < H_i \text{ olduqda}$$

və

$$\rho_{750} = \rho_H \text{ bu şərtlə ki, } H_i < H < 100\% \text{ olsun.}$$

Nəzəri cəhətdən ifadə etsək (şəkil 6) görərik ki, ρ_H – daha çox humuslu nümunələrin əksətdirmə əmsalıdır. Çünki burada humus tamamilə mineral hissəcikləri bürüyür, yaxud əhatə edir; H_i – torpaq səthində olan hissəcikləri örtən üzvi maddənin miqdarıdır.



Şəkil 6. Spektral əksətdirmə əmsalının üzvi maddələrin miqdarından asılılığı

Torpaqda humusun miqdarı H_i -dən böyük yaxud bərabər olduqda, əksətdirmə əmsalı olan ρ_H çox zaman sabit qalır, və ya nümunənin götürüldüyü zonalardan asılı olaraq dəyişə bilər. ρ_H kəmiyyəti humin maddələrinin tərkibi və xassələrindən, humin və fulvo turşularının nisbətlerinden və eləcə də optiki sıxlığından asılıdır. Əgər humus torpağın bərk fazasındakı mineral hissəcikləri tam örtməyibsə onların da bu kəmiyyətə təsiri qaçılmazdır. Bu zaman əyrinin ekstrapolyasiyası (kənar qiymətləmə) ordinat oxunu kəsən zamanı ρ_0 kəmiyyəti ($H=0$ olduqda) torpağın humuzsuz mineral hissələrindən və oksidləşmə-reduksiya proseslərindən asılı olacaqdır. Onda $A=\rho_0 - \rho_H$ tənliyi ρ - H rəbitəsini reallaşdıracaqdır. Əgər diapazon böyük olarsa istər yerüstü, istərsə də distansion aero-

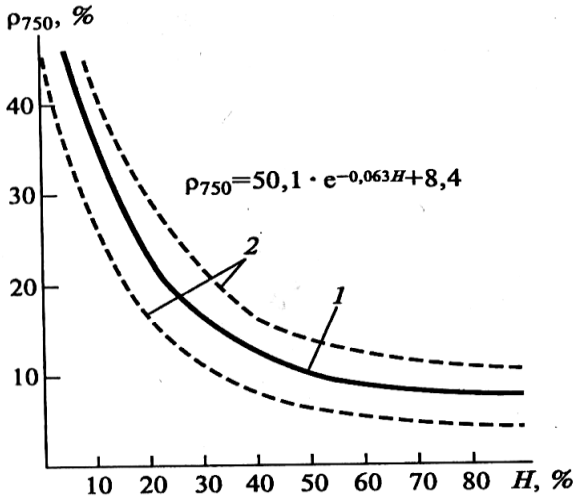
kosmik üsullarla torpaqda humusun miqdarını təyin etmək mümkündür. Tənlikdə A və K əmsallarını yalnız ümumi tip (kimyəvi və morfoloji) humusa malik olan torpaqlarda sabit hesab etmək olar:

$\rho_{750} = 34,8 \cdot e^{-0,34H} + 13,5$ tənliyini səhra torpaqlarına şamil etmək olar.

Çəmən, çimli, torflu, podzollu torpaqlar üçün isə tənlik bu cür ifadə olunacaqdır:

$$\rho_{750} = 50,1 \cdot e^{-0,063H} + 8,4 \quad (\text{şəkil 7}).$$

Bu onunla izah edilir ki, səhra torpaqlarının humusunda humin turşularının miqdarı çox olduğuna görə daha yaxşı rəng vermə qabiliyyətinə malikdir.



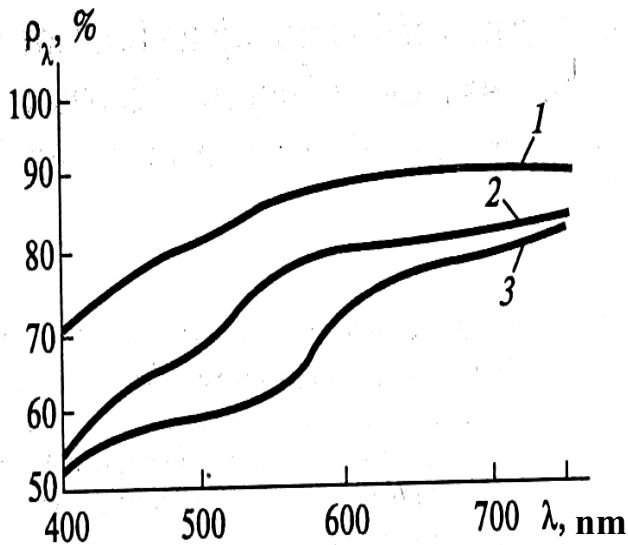
Şəkil 7. Torpağın əksetdirmə qabiliyyətinin üzvi maddələrdən asılılığı:

1 – orta kəmiyyət, 2 – tərəddüd həddləri

İntegral əksətdirmə kəmiyyətləri torpaqların zonal-genetik sıralarında ciddi ardıcılıq və gözəçarpacaq dərəcədə fərqlərlə müşayiət olunur (cədvəl 5). Cədvəldən görüldüyü kimi ən az əksətdirmə qaratorpaqlarda və tünd-boz meşə torpaqlarında müşahidə edilir. Ən çox əksətdirmə boz torpaqlara məxsusdur. Karbonun mineral birləşmələri yəni torpaq karbonatları üzvi maddələrdən fərqli olaraq spektral əksətdirmə qabiliyyətini artırır. Praktiki olaraq bu funksiyanı CaCO_3 və MgCO_3 yerinə yetirir. Digər karbonatların iştirakı az müşahidə edilmişdir. Lyösslü süxurlarda əksətdirmə qabiliyyətinin artmasını onun tərkibində olan CaCO_3 -la bağlı olduğu artıq sübut olunmuşdur.

Üçüncü tip spektrləri torpaqda dəmir oksidləri və hidr-oksidlərinin toplanması ilə əlaqələndirirlər. Təmiz kaolinitin spektral əksətdirmə qabiliyyəti 400-550 nm olur, hətta ρ_λ qiyməti 750 nm-də belə dəyişilmir (şəkil 8). Kaolinitdə dəmir oksidin miqdarı artan kimi əksətdirmə qabiliyyəti kəskin surətdə azalaraq 400 nm-dən aşağı düşür. Şəkildən görüldüyü kimi kaolinitə $\text{Fe}(\text{OH})_3$ və ya Fe_2O_3 əlavə edildikdə əyriyə bükülmələr hiss edilir. Bu həmin torpaqlarda rənglərin sarı-qonurdan qırmızı-qonura kimi dəyişilməsi ilə nəticələnir.

Torpağın spektral əksətdirmə qabiliyyətini, onun kəmiyyət tərkibini xarakterizə etmək üçün tədqiq etdikdə, nəzərə almaq lazımdır ki, ρ_λ və ρ_Σ kəmiyyətləri çox güclü surətdə torpağın nəmliyindən və qranulometrik tərkibindən asılıdır.



Şəkil 8. Dəmir birləşmələrinin torpağın əksetdirmə qabiliyyətinə təsiri

1 – kaolinit,

2 – kaolinit + $Fe(OH)_3$;

3 – kaolinit + Fe_2O_3

**Torpağın humuslu horizontunda işığın inteqral
əksetdirmə tərəddüdlərinin hüdudu və orta qiymətləri**

| Torpaqlar | İnteqral əksetdirmənin orta arifmetik kəmiyyəti % | Orta arifmetik səhvlər | Tərəddüdlərin ehtimal hüduvları <i>P=0,95</i> |
|-----------------------------|--|---------------------------------------|--|
| Dağ-çəmən | 9,3 | 0,31 | 6,9-11,7 |
| Torflu | 7,9 | 0,49 | 4,7-11,1 |
| Çəmən və çəmən-bataqlıq | 13,1 | 0,52 | 9,5-16,7 |
| Çimli-podzol | 16,9 | 0,78 | 10,5-23,3 |
| Açıq-boz meşə | 21,1 | 0,57 | 17,2-25,0 |
| Boz meşə | 18,1 | 0,54 | 13,9-22,3 |
| Tünd-boz meşə | 7,4 | 0,41 | 4,1-10,7 |
| Tipik qaratorpaqlar | 8,2 | 0,25 | 6,4-10,0 |
| Adi qaratorpaqlar | 7,9 | 0,18 | 6,4-9,4 |
| Qafqazyanı qaratorpaqlar | 11,6 | 0,32 | 8,9-14,3 |
| Şabalıdı | 13,2 | 0,21 | 11,6-14,8 |
| Açıq-şabalıdı | 21,8 | 0,32 | 19,3-24,3 |
| Boz torpaqlar | 27,7 | 0,28 | 25,7-29,7 |
| Qırmızı torpaqlar | 18,6 | 0,17 | 17,4-19,8 |
| Sarı torpaqlar | 16,6 | 0,45 | 13,4-19,8 |

Qeyd: P – ehtimal səviyyəsi

IV FƏSİL

TORPAQDA QƏLƏVİ VƏ QƏLƏVİ-TORPAQ ELEMENTLƏRİNİN BİRLƏŞMƏLƏRİ

Torpaqda D.İ.Mendeleyevin elementlərin dövri sisteminin I və II qrup elementləri çox geniş hüdudlarda variyasiya edərək, müxtəlif forma və birləşmələr əmələ gətirirlər. Torpaq və süxurlarda bu makroelementlərdən ən çox Na, K, Mg və Ca olur, onların miqdarı kütlədə tam faizlərlə ifadə olunur, yaxud 0,3-0,9 M/kq-a çata bilir (cədvəl 6). Bu qrupun qalan elementləri kəmiyyətcə miqdarına görə mikro və ultramikro-elementlərə aid edilir.

Qələvi metallara ancaq Li-Cs yarımqrupu elementləri aid edilir. Bunların oksidləri su ilə qarşılıqlı təsirə girəndə qələvilər əmələ gəlir. Bu elementlər xarici elektron təbəqəsində olan yeganə elektronu çox asanlıqla verə bilirlər və bir valentli kation əmələ gətirirlər. Xarici elektron təbəqəsində bir elektronla təsvir olunurlar s^1 , ancaq K, Rb və Cs-un tamamlanmamış orbitaları mövcuddur. Torpaq kütləsinin formalaşmasında real konstitusion rolu ancaq kalium və natrium oynayır və bir çox birləşmələrin qurulmasında fəal iştirak edirlər.

I və II qrup elementlərinin torpaqda və litosferdə
orta hesabla miqdarı , %

| Element | Litosfera | Torpaq | Element | Litosfera | Torpaq |
|-----------|-------------------|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|
| Li | $2 \cdot 10^{-2}$ | $3 \cdot 10^{-3}$ | Be | $n \cdot 10^{-4}$ | $n \cdot 10^{-4}$ |
| Na | 2,0 | 0,63 | Mg | 2,1 | 0,63 |
| K | 1,1 | 1,36 | Ca | 2,6 | 1,37 |
| Rb | $4 \cdot 10^{-3}$ | $n \cdot 10^{-3}$ | Sr | $5 \cdot 10^{-2}$ | $5 \cdot 10^{-2}$ |
| Cs | $1 \cdot 10^{-4}$ | $6 \cdot 10^{-4}$ | Ba | 0,10 | $6 \cdot 10^{-2}$ |
| | | | Ra | - | $8 \cdot 10^{-7}$ |

Torpaqların və süxurların tərkibində kalium və natrium müxtəlif qrup birləşmələr əmələ gətirirlər. Bunların çox hissələri turş və əsaslı minerallar sayılan çöl şpatı və slyudalarda mühüm birləşmələr əmələ gətirərək, torpaq uducu kompleksində və həll olan duzlarda mübadiləvi kationları (K^+ və Na^+) kimi iştirak edirlər.

Müxtəlif formalı kalium və natrium birləşmələrinin nisbətlərini torpaqda element kimi yayılmalarını və müxtəlif ehtiyat növlərini N.İ.Qorbunov aşağıdakı kimi təklif etmişdir. Bu elementlərin torpaqda ümumi miqdarını o, **ümumi ehtiyat** adlandırır. Hansı ki, bura sonrakı ehtiyat növlərini də aid edir. Torpaqdan aqrokimyəvi üsulla ayrılan çəkintidə olan miqdarı – **bilavasitə ehtiyat** adlandırılır. Bura əsasən duzlarda həll olan kationlar və mübadiləvi kationlar aid edilir. Torpağın il fraksiyasında olan elementlərin miqdarı **yaxın ehtiyat** adlanır. Bura qatlar arası zonalarda yerləşən mineralların şişmiş qəfəslərində olan kationlar aiddir. **Potensial ehtiyat** elementləri plagioklaz və çöl şpatlarında olmaqla, qranulometrik elementlərinin ölçüləri 0,001 mm olan fraksiyaların tərkibinə daxildirlər (cədvəl 7).

K və Na-un bəzi torpaqların ehtiyat qatlarında yayılması (mq/100 q torpaqda)

| Torpaqlar | Dərinlik, sm | Ehtiyatlar | | | |
|--------------------|-----------------|------------|-------|------------|-------|
| | | Potensial | Yaxın | Bilavasitə | Ümumi |
| Kalium | | | | | |
| Çimli-podzollu | 0-10 | 1408 | 236 | 7 | 1651 |
| | 29-37 | 1324 | 295 | 7 | 1626 |
| | 48-56 | 1273 | 378 | 9 | 1660 |
| | 100-110 | 939 | 520 | 10 | 1469 |
| Dağ qaratorpaqları | 0-10 | 1082 | 622 | 14 | 1718 |
| | 70-80 | 950 | 671 | 15 | 1636 |
| | 270 | 934 | 739 | 12 | 1685 |
| Natrium | | | | | |
| Şoranlar | 1-3 | 361 | 129 | 6 | 496 |
| | 3-15 | 376 | 179 | 224 | 779 |
| | 15-30 | 343 | 199 | 316 | 858 |
| | 40-50 | 434 | 163 | 217 | 814 |
| | 60-75 | 465 | 119 | 74 | 658 |
| | 200 | 422 | 161 | 75 | 658 |

Ümumi ehtiyatın miqdarı torpağın qranulometrik və mineraloji tərkibindən asılıdır. Yüngül torpaqlarda bütün ehtiyat növləri aşağı olur. Kaolinit gilləri üzərində inkişaf etmiş torpaqlarda ehtiyat növləri daha az olur. Yaxın ehtiyat növü əhəmiyyətli dərəcədə mübadiləvi kationların həcmindən asılıdır. Şorlaşmış torpaqların bilavasitə ehtiyat növündə kalium və natriumun miqdarı maksimum həddə çatır.

Kalium əsasən çöl şpatının və alümosilikatlar qrupundan olan slyudanın tərkibinə daxildir. Kalium tərkibli çöl

şpatlarına torpaqda mikroklin, ortoklaz, sanidin, adulyaz formasında rast gəlinir və ümumi formulası $K[AlSi_3O_8]$ şəklində təsvir olunur. Kaliumun çöl şpatları və slyudanın tərkibindəki miqdarı 8-14%-ə qədər olur (cədvəl 8).

Natrium isə plagioklazın izomorf sırasından olan albitin $Na[AlSi_3O_8]$ tərkibində olaraq, miqdarı 7,8%-ə qədər çatır. Plagioklazın başqa bir izomorf qarışığı olan albit və anortitin ($Ca[AlSi_3O_8]Na$) tərkibində də natriuma rast gəlmək olar.

Natrium və kalium bir tipli birləşmələr əmələ gətirir, lakin geokimyəvi cəhətcə fərqli olurlar. Buna misal olaraq Na-un çöl şpatlarında, kaliumun isə slyudalardakı miqdarını göstərə bilərik.

Cədvəl 8

K və Na tərkibli bəzi minerallar

| Minerallar | Formulası | Miqdarı, % | |
|---------------------|---|------------|----|
| | | Na | K |
| Çöl şpatları | | | |
| Ortoklaz | $K[AlSi_3O_8]$ | - | 14 |
| Albit | $Na[AlSi_3O_8]$ | 9 | - |
| Feldşpatlar | | | |
| Nefelin | $mNaAlSiO_4 + nKAlSiO_4 + pCaAlSiO_4 + NaAlSi_3O_8$ | - | - |
| Na-nefelin | | 16 | - |
| K-nefelin | | - | 25 |
| Laysit | $KAlSi_2O_6$ | - | 18 |
| Analsim | $NaAlSi_2O_6 \cdot H_2O$ | 10 | - |
| Slyudalar | | | |
| Biotit | $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$ | - | 6 |

Cədvəl 8-in davamı

| Minerallar | Formulası | Miqdarı, % | |
|------------------|---|---------------|------|
| | | Na | K |
| Muskovit | $\text{KA}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ | - | 9,8 |
| Floqopit | $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$ | - | 8,6 |
| Hidroslyudalar | | | |
| Hidromuskovit | $\text{KA}_2[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ | - | - |
| İllit | | - | 5,4 |
| Sulfatlar | | | |
| Tenardit | Na_2SO_4 | 32 | - |
| Mirabilit | $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ | 14 | - |
| Qlauberit | $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$ | 16 | - |
| Poliqalit | $\text{K}_2\text{MgCa}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | - | 13,9 |
| Boratlar | | | |
| Bura | $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ | 12 | - |
| Nitratlar | | | |
| Natrium şorası | NaNO_3 | 27 | - |
| Kalium şorası | KNO_3 | - | 38,6 |
| Xloridlər | | | |
| Qalit | NaCl | 39 | - |
| Karnalit | $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | - | 14 |

Bu fərqlər həmin elementlərin kimyəvi xüsusiyyətləri ilə bağlıdır. Belə ki, eyni gücə malik olan bu ionlar K^+ və Na^+ hidratasiya dərəcələrinə və ion radiuslarına görə fərqlənirlər:

| | | |
|--|-----------------|----------------|
| Göstəricilər: | Na ⁺ | K ⁺ |
| İon radiusu, Å | 0,98 | 1,33 |
| Hidratasiya sayı (<i>su molekulları ionlara görə</i>) | 9-11 | 5-6 |
| Hidratlaşmış ionların radiusu, Å | 7,9 | 5,3 |

Kaliumun slyudalara uyğunlaşması kristal-kimyəvi xüsusiyyətləri ilə əlaqələndirilir. Slyudalar üçqatlı silikatlara aiddirlər, hansı ki, hidrargillit tipli oktaedr qatları tetraedr silisium oksidlərinin iki qatları arasında yerləşir. Tetraedr qatlarında dörd ionlu Si⁴⁺ və Al³⁺ yerləşmişdir ki, bunlar da çoxlu əks qüvvələr yaradır. Lakin kalium ionları bunları kompensasiya edə bilər. Yuxarıda göstəriləyi kimi kalium ionunun radiusu 1,33 Å bərabərdir, oksigen ionunun radiusu da təqribən buna yaxındır – 1,36 Å. Belə olan halda kalium slyuda paketlərini bir-birinə sıx bağlaya bilər ki, bu da termodinamiki əlaqələr üçün sərfəli hesab edilir. Na⁺ ionunun ölçüsü bildiyimiz kimi K⁺-dan kiçikdir (0,98Å), Li⁺ ionunun radiusu lap kiçikdir (0,68Å), yəni bunların heç biri slyudalarda kaliumu əvəz edə bilməz.

Na və K elementlərinin bu xüsusiyyətlərini qranulometrik fraksiyalarda yayımları və miqdarı daha aydın göstərir (cədvəl 9).

**Şoran torpaqların müxtəlif fraksiyalarında
Na və K miqdarı, %**

| Fraksiyalar, mm | Horizont A1 | | Horizont C | |
|-----------------|-------------|------|------------|------|
| | Na | K | Na | K |
| < 0,001 | 0,29 | 2,02 | 0,31 | 2,20 |
| 0,001-0,005 | 1,20 | 1,98 | 1,44 | 1,96 |
| 0,005-0,01 | 1,34 | 1,40 | 1,28 | 1,37 |
| 0,01-0,05 | 1,16 | 1,33 | 0,88 | 1,05 |
| 0,05-0,25 | 0,24 | 0,60 | 0,44 | 0,50 |
| 0,25-0,5 | 0,09 | 0,14 | 0,04 | 0,07 |
| Bütöv torpaqda | 0,74 | 1,46 | 0,84 | 1,24 |

Cədvəldən görüldüyü kimi hər iki elementin miqdarı fraksiyalarda kəskin surətdə fərqlənir. Şoranların qum fraksiyasında Na və K miqdarı kəskin surətdə aşağı düşür. Hətta torpaqla müqayisədə 10 və 20 dəfə azalma müşahidə edilir ki, bu da kvars və kvars tərkibli mineralların olması ilə əlaqələndirilir. Toz fraksiyasında hər iki elementin miqdarı artır və 0,001 mm-dən kiçik fraksiyalarda yenə Na azaldığını görürük. Ancaq K miqdarı fasiləsiz olaraq qum fraksiyasından il fraksiyasına qədər yüksəlir. Bu həmin fraksiyalarda lay-lay silikatların olması ilə bağlıdır.