

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық университеті

Я. К. Аршамов

**ПАЙДАЛЫ ҚАЗБА КЕНОРЫНДАРЫН
ГЕОХИМИЯЛЫҚ ІЗДЕУ ӘДІСТЕРІ**

Университеттің Ғылыми-әдістемелік кеңесі
оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2015

ЖОК 622.1/2 (075.8)

ББК 26.34 я 73

А 85

Пікір жазғандар:

Рақышев Б.М., геол.-минер. ғыл. докторы, профессор;

Диаров А.Б., геол.-минер. ғыл. докторы;

Шарапатов Ә., геол.-минер. ғыл. кандидаты.

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2015 жылғы басылым жоспары бойынша басылды.

А 85 Аршамов Я. К.

Пайдалы қазба кенорындарын геохимиялық іздеу әдістері: Оқу құралы. Я. К. Аршамов. – Алматы: «ҚазҰТУ», 2015. – 170 бет. Сурет – 31. Библиографиялық тізім – 15 атау.

ISBN 978-601-228-716-5

«Пайдалы қазба кенорындарын геохимиялық іздеу әдістері» оқу құралы ҚР ЖМБСТ талаптарына, «5В070600 – Геология және пайдалы қазба кенорындарын барлау» мамандығының (бакалавриат) типтік және жұмыс жоспарларына, сол сияқты пәннің оқу бағдарламасына сәйкес жасақталған. Оқу құралы атаулас оқу пәні бойынша студенттерге берілуі тиіс білім мазмұнын ашып көрсететін оқу курсы тарауларын түгелдей қамтиды.

Оқу құралының мазмұнында геологиялық барлау жұмыстарының әртүрлі сатыларындағы кенорындарды геохимиялық әдіспен іздеудің маңыздылығы мен мүмкіндігі көрсетілген. Пайдалы қазба кенорындарын іздеудің геохимиялық әдістерінің теориялық негіздері литогеохимиялық, гидрогеохимиялық, биогеохимиялық және атмогеохимиялық іздеу әдістері белгілі реттілікпен сипатталған. Алғашқы ореолдардың, қайта түзілген ореолдардың және шашырау ағындарының ерекшеліктерін пайдалы қазба кенорындарын іздеудегі пайдалану мүмкіндіктері көрсетілген.

Оқу құралы геологиялық мамандықтар бойынша білім алатын студенттерге, магистранттарға және де геология саласы бойынша қызығушылық танытатын өзге де барша оқырмандарға арналған.

ЖОК 622.1/2 (075.8)

ББК 26.34 я 73

ISBN 978-601-228-716-5

© Аршамов Я. К., 2015

© ҚазҰТУ, 2015

КІРІСПЕ

Қазақстан Республикасының тәуелсіздігін нығайтуда, әлеуметтік-экономикалық дамуына минералды-шикізат ресурстары өте маңызды рөл атқарады. Сондықтан Қазақстан Республикасының экономикалық дамуының маңызды мәселелерінің бірі минералдық шикізат ресурстарын одан әрі нығайту және ұлғайту, пайдалы қазба кенорындарының барланған қорларын өнеркәсіптік игеруге дайындаудың сапасын және тиімділігін арттыру.

Қазақстанда көптеген пайдалы қазбалардың жеткілікті үлкен қорлары бар, бірақ минералдық шикізатқа деген сұраныстың күннен-күнге өсуі пайдалы қазбалардың барланған қорларын көбейту және ұтымды пайдалану үшін геологиялық барлау жұмыстарының қарқынын тездетуді талап етеді.

Геологиялық барлау жұмыстары ұзақ мерзімді және тоқтаусыз процесс, ол геологиялық карта түсіру жұмыстарынан басталып, кенорындарды іздеу және оларды барлаумен аяқталады. Осы геологиялық барлау жұмыстарының ішінде геохимиялық іздеу әдістерінің орны ерекше. Геохимиялық іздеу әдістері – бүкіл әлемде пайдалы қазбаларды іздеуде кеңінен қолданылатын әдістердің бірі болып табылады. Қазіргі таңда геохимиялық іздеу әдістері геологиялық барлау жұмыстарының барлық сатыларында өте жоғары тиімділікпен геологиялық және геофизикалық түсірулермен, содан кейін тау-кен және бұрғылау жұмыстарымен үйлеседі.

Кеңес дәуірі кезінде геохимиялық іздеу әдістері Қазақстанда да кеңінен қолданылған. Осы бағытта А. П. Соловов, Н. И. Сафронов, С. Д. Миллер, Г. Р. Бекжанов, В. З. Фурсов, Б. А. Досанова үлкен еңбек сіңірген. Өткен ғасырдың жетпісінші жылдары Қазақстан территориясында литогеохимиялық іздеу әдістерімен мыстың Ақбастау, Құсмұрын, Ақтоғай, Айдарлы, Қызылқия, полиметалдардың Жәйрем, Шалқия, Алайғыр, Ұзынжал, Оңтүстік Бестөбе колчеданды мыс-мырышты Авангард және Приорское кенорындары ашылған.

Оқырман қауымға ұсынылып отырған оқу құралы Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің «Геологиялық карта түсіру, пайдалы қазба кенорындарын іздеу және барлау» кафедрасында даярланған.

Осы оқу құралы «5В070600 – Геология және пайдалы қазба кенорындарын барлау» мамандығының студенттеріне қазақ тілінде оқылып жүрген «Пайдалы қазба кенорындарын геохимиялық іздеу әдістері» оқу курсының дәрістер жинағы негізінде жазылды.

Оқу құралын жазу барысында автор аталған курс бойынша жарық көрген А. П. Соловов, А. А. Алексеенко, Н. И. Сафронов, Б. М. Рақышев, В. А. Жеребцов және тағы басқаларының еңбектерін, сонымен қатар геохимиялық іздеу әдістері бойынша басылып шыққан нұсқаулықтар мен анықтамалықтар мәліметтерін кеңінен қолданды.

Бұл оқу құралы қазақ тілінде жазылған алғашқы басылым болғандықтан кемшіліктер болу мүмкін. Осыған орай автор осы оқу құралын ешбір мінсіз жазып шықты деп айта алмайтыны анық. Сондықтан оқу құралының кемшіліктері жәйлі ой-пікірлеріңізге автор алдын ала алғысын айтады. Оқу құралын даярлау барысында «Геологиялық карта түсіру, пайдалы қазба кенорындарын іздеу және барлау» кафедрасы ұжымының берген ақыл-кеңестеріне алғысын білдіреді.

1. «ПАЙДАЛЫ ҚАЗБА КЕНОРЫНДАРЫН ГЕОХИМИЯЛЫҚ ІЗДЕУ ӘДІСТЕРІ» ОҚУ ПӘНІ ЖАЙЛЫ ЖАЛПЫЛАМА МӘЛІМЕТТЕР

1.1. «Пайдалы қазба кенорындарын геохимиялық іздеу әдістері» оқу пәнінің мақсаттары мен міндеттері

«Пайдалы қазба кенорындарын геохимиялық іздеу әдістері» оқу пәні оқу жоспарына сәйкес міндетті түрде оқытылатын арнаулы пәндердің бірі. Пайдалы қазба кенорындарын геохимиялық іздеу әдістері табиғи жағдайларда кездесетін элементтердің және олардың қосылыстарының таралу заңдылығын зерттеуге негізделеді. Пәнді оқытудың мақсатына геохимиялық іздеулердің теориялық негіздерімен таныстыру жатады, бұлардың негізінде іздеудің ең ұтымды әдісін таңдауға және нақты геологиялық және ландшафты-геохимиялық жағдайларға байланысты пайдалы қазба кенорындарын анықтауға мүмкіндік туады, сонымен қатар геохимиялық мәліметтерді интерпретациялауды практика жүзінде үйренуге мүмкіндік береді.

Студенттер бұл оқу курсы менгеруі барысында және өздігінен жұмысы кезінде оқытушы ұсынған оқу әдебиетімен тұрақты түрде жұмыс істеуі тиіс, мұның өзі оларға пән ауқымында қарастырылатын мәліметтермен жете танысуын қамтамасыз ететін болады. Курсты оқытудың ең негізгі міндеттерінің бірі студенттерді пайдалы қазба кенорындарын іздеудің геохимиялық әдістерімен таныстыру оларды іздеу кезінде қолдануға машықтандыру болып табылады. Курсты менгеруі барысында студент кенорындарды геохимиялық әдіспен іздеудің негізгі амалдарымен танысып, олардың мақсаттары және негізгі міндеттерін біліп шығады.

Геохимиялық іздеулердің негізгі міндеттеріне мыналар жатады:

- жер қыртысындағы элементтерді анықтаудың негізгі түрлерін зерттеу;
- химиялық элементтер миграциясының негізгі факторларын зерттеу;

- геохимиялық ореолдар, соның ішінде литохимиялық, гидрoхимиялық, биохимиялық және атмосхимиялық ореолдар жаралуының ерекшеліктері;

- геохимиялық мәліметтерді математикалық өңдеуге үйрену.

1.2. Жер қыртысындағы химиялық элементтердің концентрациялану және шашырау процестерін зерттейтін геохимияның ғылым ретінде қалыптасуы

Геохимия – жер қыртысының химиялық құрамы жайлы және химиялық элементтердің миграциясы, шашырауы және концентрациясы жайлы ғылым. Ең алғаш біздің елімізде ХХ ғасырдың басында пайда болған. Оның негізін қалаушы В. И. Вернадский болды.

Геохимияның ғылым ретінде қалыптасуында В. И. Вернадскийдің, А. Е. Ферсманның және норвегия ғалымы В. Н. Гольдшмидтің еңбектері жетекші рөлді атқарады.

Геохимияның зерттеу нысанына химиялық элемент, оның бөлінуі және әртүрлі жүйедегі миграциясы жатады. Осындай бағыт келесідей ғылыми мәселелерді анықтады: жер қыртысының орташа құрамын анықтау (кларк проблемалары), химиялық элементтердің жалпы таралуын зерттеу, литосферада элементтерді анықтаудың бейминералды түрлерін зерттеу.

Химиялық элемент, минералдардың және таужыныстардың химиялық құрамы, кендерді және пайдалы минералдарды іздеу түсініктері бұрыннан келе жатқан түсініктер. Бұл түсініктер б.э.д. 460-370 жж. Демокриттің, Аристотельдің жұмыстарында және де Авиценаның (985-1057), Бойльдің (1627-1691), Лавуазьенің (1743-1794) және т.б. жұмыстарында көрсетілген.

XVII ғасырда ағылшын ғалымы Р.Бойль атмосфераның және табиғи сулардың химиясын зерттеген, ал голландық ғалым Х. Гюйгенс өмірді түсінуді ол космостық құбылыс деп санады. XVIII ғасырда М. В. Ломоносов химияның геологияға деген маңыздылығын негіздеді, көмірдің, мұнайдың және шымтезектің жаралу процестеріне түсініктеме берді, сонымен қатар өзінің еңбектерінде бірқатар басқа да геохимиялық проблемаларды қарастырды. Француз ғалымы А. Лавуазье

атмосфера газдарының және табиғи сулардың геохимиясына негіз қалады. Геохимия үшін Д. И. Менделеевтің 1869 жылы ашқан периодтық заңының маңыздылығы өте жоғары болды. Бұл ғұлама химик ғалымның еңбектерінде бірқатар геохимиялық тұжырымдамалар орын алады.

XIX ғасырдың 80-жылдары жер қыртысының орташа құрамын анықтаумен Вашингтондағы америкалық геологиялық комитеттегі химиялық зертхананың жетекшісі Ф. У. Кларк жүйелі түрде айналысқан. 1882 жылы Америкалық геологиялық комитеттің химигі Ф. У. Кларк үлкен фактілік материалдар негізінде жер қыртысындағы негізгі 30-40 химиялық элементтердің таралуы жайлы нақты сандық мәліметтер берді.

Геохимия ғылымы 1908-1911 жылдары Мәскеу университетінің минералогия кафедрасында дүниеге келген. Бұл кафедраны 1891 жылдан В. И. Вернадский басқарған. Минералогияны ғалым жер қыртысының химиялық қосылыстары деп түсінген, сондықтан ол минералдардың дәл химиялық талдауларына көп көңіл бөлген. Вернадский минералдармен таужыныстардағы элементтердің санын анықтау үшін спектрлік талдауды кеңінен қолданған.

Сонымен геохимияны минералогиядан пайда болған ғылым деп айтуға да болады. Оның ғылым ретінде қалыптасуына XX ғасырдың басында жарық көрген атом туралы жаңалықтар, яғни оның шынымен де ақиқат күрделі жүйе туралы көзқарастар өз үлесін тигізді. Көне замандағы ғалымдардың керемет геохимиялық тұжырымдарының орнына XVIII және XIX ғ.ғ. Вернадскийдің еңбектерінде ғылымға толық анықтама беріліп, оның зерттеу мәселелері анықталды.

Геохимия ғылымы бойынша ең алғаш дәрістер курсы А. Л. Шаняевский атындағы Мәскеу университетінде 1912 жылы Вернадскийдің дарынды шәкірті, геохимия ғимаратын салуға атсалысқан А. Е. Ферсман оқыған. Кейіннен осы дәрістер жинағы баспадан шығарылған.

А. Е. Ферсманның XX ғ. 20-жылдарында Қола түбегіндегі геохимиялық зерттеулері тек қана танымал теориялық нәтижелермен шектелмей, сонымен қатар апатит кенорындарын және басқа шикізат кенорындарының ашылуына септігін тигізді.

Осы кезеңдерде геохимиктер көбінесе ионды түрде болатын элементтердің ерітінділер мен балқытпалардағы миграциясына көп көңіл бөлген. Осыған байланысты геохимияда ионды концепция басты маңызға ие болып, оның негізін қалаушы ғалым В. М. Гольдшмит болған. Гольдшмит ионды радиустардың өлшемдерін есептеп шығарып (1926), кристаллохимияның бірінші заңын және изоморфизм ережесін тұжырымдады, минералдар геохимиясының негізін қалады.

Вернадский, Ферсман және Кларк сияқты ғалымдармен бірге Гольдшмит – геохимияның негізін қалаушы әйгілі танымал ғалым болды.

Геохимиялық әдістер – пайдалы қазба кенорындарын іздеудегі кеңінен қолданылатын әдістердің бірі. Негізінен кез келген пайдалы қазба әртүрлі табиғи орталарда (геосфераларда) элементтердің және серіктес-элементтердің ореолдарымен бірге болады және олар геохимиялық іздеу әдісі арқылы анықталуы мүмкін.

Геологиялық ғылымдардың басты міндеттерінің бірі пайдалы қазба кенорындарын анықтау. Қолданбалы геохимия пайдалы қазбаларда іздеу кезінде теориялық геохимиялық принциптерді іс-жүзінде қолданумен айналысады.

Геохимияның теориялық тұжырымдары пайдалы қазба кенорындарын іздеу мен барлауда қолданылады. Н. И. Сафронов және А. П. Соловов қолданбалы геохимияның (іздеу геохимиясының) негізін қалаушылар болып келеді. Олар 1931-1932 жылдары бұрынғы КСРО-ның әртүрлі кенді аудандарында рудалы кенорындарды геохимиялық әдістермен іздеу жұмыстарын жүргізіп, олардың жоғары геологиялық тиімділігін көрсетті.

Пайдалы қазба кенорындарын іздеудің геохимиялық әдістері А. И. Перельманның, Е. М. Квятковскийдің, В. И. Красниковтың, В. В. Поликарпочкиннің, Л. Н. Овчинниковтің, С. В. Григоряның, В. А. Алексеенконың жұмыстарында өзінің кейінгі дамуын жалғастырды. Кеңес заманы кезінде геохимиялық іздеу әдістері Қазақстанда да кеңінен қолданылды. Осы жұмыстарға үлкен еңбек сіңірген А. П. Соловов, Н. И. Сафронов, С. Д. Миллер, Г. Р. Бекжанов, В. З. Фурсов, Б. А. Досанова және т.б. басқалары болатын.

Пайдалы қазба кенорындарын болжаудың, іздеудің және бағалаудың геохимиялық әдістері бүкіл әлемде кеңінен қолданылады. Жоғары тиімділікпен геохимиялық зерттеулер геологиялық және геофизикалық түсірулермен, содан кейін геологиялық барлау процесінің барлық сатысында, үлкен аумақтарды аймақтық түсірулерден бастап, өнеркәсіптік кенорындарды игерімдік барлау кезіндегі тауқазылым және бұрғылау жұмыстарымен үйлеседі. Геохимиялық іздеу жұмыстары қатты пайдалы қазбаларды іздеу кезінде, соның ішінде ең алдымен рудалы кенорындарды іздеу кезінде өте маңызды мәнге ие болады.

Индустриалды дамыған елдерде минералдық шикізатқа деген қажеттіліктің үзіліссіз артуы кейбір елдерде және аудандарда «жеңіл ашылатын» кенорындар қорының азаюына, тіпті мүлдем аяқталуына алып келді. Бірақ «қиын ашылатын» кенорындар қоры мүлдем қолданылмады десек те болады.

В. А. Алексеев бойынша «қиын ашылатын» кенорындарға мыналарды жатқызуға болады:

1) жер бетінде көрініс берген, бірақ кейіннен жас борпылдақ шөгінділермен көмкерілген кенорындар;

2) алғашқы геохимиялық ореолдардың жоғарғы бөліктері жер бетінде көрініс берген, бірақ кен денелері морулу процесіне ұшырамаған кенорындар;

3) кендердің алғашқы және туынды минералдары физикалық және химиялық морулуға оңай ұшырайтын және көрінетін ореолдарды тудырмайтын кенорындар;

4) кен денелері өзін қоршаған таужыныстардан жәй көзбен ажыратылмайтын кенорындар.

Осындай қиын ашылатын кенорындарды анықтау үшін геохимиялық іздеу әдістері қолданылады. Олардың ең тиімдісін пайдалану зерттеу ауданының геологиялық, геохимиялық және ландшафты-геохимиялық ерекшеліктеріне байланысты болады. Көп жағдайда іздеудің тиімділігін арттыру үшін бірнеше әдістерді пайдаланатын кешенді жұмыстар жүргізіледі.

Пайдалы қазба кенорындарын геохимиялық іздеу әдістері табиғи жағдайда кездесетін элементтердің және олардың қосылыстарының таралу заңдылықтарын зерттеуге негізделеді.

Пайдалы қазба кенорындарын геохимиялық іздеу әдістері төмендегідей түрлерге бөлінеді:

1) *пайдалы қазба кенорындарын іздеудің литогеохимиялық әдістері* – түбірлік таужыныстарда химиялық элементтердің таралуын зерттеуге негізделген әдіс.

2) *пайдалы қазбалар кенорындарын іздеудің гидрогеохимиялық әдістері* – бұл әдіс табиғи жерүсті және жерасты суларының химиялық құрамын зерттеуге негізделген.

3) *пайдалы қазбалар кенорындарын іздеудің биогеохимиялық әдістері* – бұл әдіс тірі заттардың, яғни өсімдіктердің химиялық құрамын зерттеуге негізделген. Қазіргі биогеохимиялық іздеулер заттың химиялық талдауымен байланысты.

4) *пайдалы қазбалар кенорындарын іздеудің атмогеохимиялық іздеу әдістері* – пайдалы қазбалар кенорындарын іздеудің атмогеохимиялық іздеу әдістері жерасты атмосфераның құрамын зерттеуге негізделген, яғни жер бетіне жақын орналасқан таужыныстарды қанықтыратын газдардың химиялық құрамын зерттеуге негізделген.

Қолданбалы геохимиядағы кейбір негізгі терминдер мен түсініктер.

Геохимиялық аномалия – фондық мөлшерден біршама ерекшеленетін химиялық элементтердің жоғары мөлшерлерімен сипатталатын геологиялық кеңістіктің бөлікшесі.

Геохимиялық өріс – химиялық элементтердің сандық мөлшерлерімен сипатталатын геологиялық кеңістіктің бөлігі.

Ауытқымалы геохимиялық өріс – сынамаланатын геологиялық орталарда макро- және микроэлементтер таралуының кеңістікті және статистикалық ерекшеліктері дамитын, фондық бөлікшелерге тән емес химиялық элементтер ассоциациялары және оларды анықтау формалары дамитын облысты кіріктіретін геохимиялық өрістің бір бөлігі.

Геологиялық кешен – кеңістікте және уақыт аралығында бір-біріне жақын, ұқсас геодинамикалық жағдайларда және нақты құрылымдық-формациялық белдемдермен белдемшелерде құрылған, геологиялық бөлімдердің әртүрлі иерархиялық деңгейлеріндегі таужыныстардың ассоциациясы.

Геохимиялық ассоциация – бірге жинақталуын және нақты табиғи жүйелерде бірге өзгеруін көрсететін, өздерінің бірге жаралуымен сипатталатын химиялық элементтердің табиғи жиынтығы.

Геохимиялық тосқауыл – біршама аралықта химиялық элементтер миграциясының қарқындылығы күрт азайып, соның салдарынан олардың жинақталуы жүзеге асатын жер қыртысының бір бөлікшесі.

Геохимиялық карта – табиғи геологиялық орталарда: таужыныстарда, суларда, топырақтарда химиялық элементтер таралуын және олардың миграциясы жолдарын көрсететін карта. Геохимиялық карталар жеке элементтердің таралуы туралы ақпараттардан тұруы мүмкін, ондай карталар моноэлементті карталар деп аталады. Ал егер көптеген элементтер туралы ақпараттардан тұратын болса, онда оны полиэлементті карталар деп атайды.

Геохимиялық карталау – геохимиялық карталарды салу (құру).

Геохимиялық ореол – кен денесі маңайындағы (айналасындағы, үстіндегі) химиялық элементтердің немесе химиялық элементтер топтарының геохимиялық таралу немесе жинақталу облысы.

Геохимиялық провинция – жер қыртысының ірі геокұрылымдық элементтері ($n \times 100\,000 \text{ км}^2$), олардың заттары геологиялық процестердің барлық кешендерінің көрінуі нәтижесінде таужыныстарындағы немесе олардың бірлестіктеріндегі петрогенді және сирек элементтердің мөлшерлері түрінде қалған, өздеріне тән құрамымен және геохимиялық дифференциацияның дәрежесімен сипатталады.

Геохимиялық мамандандыру – әртүрлі дәрежедегі геологиялық нысандардағы химиялық элементтердің немесе химиялық элементтер топтарының кларкпен салыстырғанда жоғары немесе төмен мөлшерлері және ауытқымалы бөлінуі.

Геохимиялық фон – химиялық элементтердің шашыраңқы бөлінуі басым болып келетін әртүрлі дәрежедегі геологиялық нысандардағы химиялық элементтердің орташа мөлшері.

Жергілікті геохимиялық фон – біршама жергілікті бөлікше ауқымындағы химиялық элементтердің орташа мөлшері.

Аймақтық геохимиялық фон – құрылымдық–формациялық белдем дәрежесіндегі ірі аймақтар ауқымындағы химиялық элементтердің орташа мөлшері.

Химиялық элементтерді шығару белдемі – аймақтық немесе жергілікті метасоматоз белдеміне немесе инфильтрация белдеміне тураланған теріс геохимиялық аномалия. Химиялық элементтердің шашырау процесінің басым болуымен сипатталады.

Химиялық элементтерді ендіру белдемі – аймақтық немесе жергілікті метасоматоз белдеміне немесе инфильтрация белдеміне тураланған оң геохимиялық аномалия. Химиялық элементтердің жинақталу процесінің басым болуымен сипатталады.

Концентрация кларкі – кенорындағы немесе кез келген минералды денедегі элементтің орташа мөлшерінің жер қыртысындағы сол элементтің кларкіне қатынасын көрсетеді.

Геохимиялық корреляция – химиялық элементтер тобының бір мезгілде жиналуы, миграциясы және шашырауы (осы заңдылықтың себептерінен байланыссыз).

Қайта түзілген геохимиялық ореол – қатты морылу өнімдерінің арасындағы кенді құрайтын компоненттердің ауытқымалы мөлшерлерінің облыстарымен сипатталады. Қайта түзілген ореолдар және шашырау ағындары көптеген факторлардың әсерінен кендердің және қоршаған таужыныстардың физика-химиялық және биогеохимиялық өзгеру процестері кезінде қайта жаралады.

Алғашқы геохимиялық ореол – өнеркәсіптік кенденуді қоршаған немесе оның жанында орналасқан кен сыйыстырушы таужыныстардағы геохимиялық аномалия. Кен денесімен бірге бірдей процестермен жаралған кенді және серіктес элементтердің жоғары мөлшерлерімен сипатталады.

2. ҚОЛДАНБАЛЫ ГЕОХИМИЯДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН НЕГІЗГІ ТЕОРИЯЛЫҚ ҚАҒИДАЛАР (ТҰЖЫРЫМДАР)

Қазіргі тау-кен өнеркәсібі пайдалы қазбалар кенорындарына, оның ішінде пайдалы компоненттердің мөлшеріне, қорлардың масштабтарына және олардың орналасуының геологиялық-экономикалық жағдайларына нақты талаптарды қою арқылы әртүрлі химиялық элементтерді олардың табиғи шоғырларынан шығарып алады. Бұл жағдай өнеркәсіптік өңдеу үшін нысандарды таңдау мақсатында химиялық элементтердің жергілікті концентрацияларын анықтауда геологиялық түсіру, іздеу және барлау жұмыстарының жалпы бағыттылығын анықтайды. Осындай концентрацияларды анықтаудың тура әдісі – геохимиялық іздеу әдістері.

Қолданбалы геохимияның негізінде геохимияның негізін қалаушы В. И. Вернадский жасаған теориялық заңдар жатыр. Оның ең негізгілеріне мыналар жатады:

- геосферадағы элементтердің жалпы шашырау заңы;
- элементтердің жалпы миграциясы заңы;
- табиғатта элементтердің кездесу түрлерінің әралуан болу заңы;
- жер қыртысындағы элементтердің шашыраңқы күйінің концентрацияланған күйіне қарағанда басым болу заңы.

2.1. Геосферадағы элементтердің жалпы шашырау заңы

Геология ғылымына геологиялық нысандарда элементтердің шашыраңқы күйінде болатындығы баяғыдан белгілі. Минералдарды химиялық талдау кезінде зерттеліп жатқан минералдың каноникалық формуласымен ескерілмеген химиялық элементтер жиі анықталған. Мысалы, сфалериттегі темір (ZnS), халькопириттегі мырыш ($CuFeS_2$) және т.б. Осы мәліметтердің негізінде кейіннен изоморфизм құбылысы, яғни минералдардың кристалдық торында бір элементтің екіншісімен ауысуы пайда болады. Бұл құбылыс ауысушы және ауыстырушы элементтердің ионды радиустарының ұқсас

болуынан, сонымен қатар бірқатар қасиеттерінің бірдей болуынан пайда болады.

Біртіндеп, аналитикалық жұмыстарды жүргізу барысында кейбір элементтердің басқа элементтер минералдарында кездесуі жайлы мәліметтер пайда бола бастады. Бұл жәйт изоморфизм механизмі туралы көзқарастарға қарама-қайшы келді және осы позицияда түсіндіру мүмкін болған жоқ. Шынымен де, оптикалық таза кварцтың монокристалына дәлдікті химиялық талдау жүргізетін болсақ, онда «кездейсоқ» элементтерді (Fe, Cl, N, Pb, S және т.б.) кездестіруге болады. Олардың бар болуын изоморфизм құбылысымен түсіндіру мүмкін емес.

Аналитикалық әдістемелерді жетілдірген сайын геологтар және химиктер кез келген минералдағы және таужынысындағы анықталған «бөгде» элементтердің саны өсе беретініне көзі жетті. Олар, егер талдаудың дәл түрлері бар болған жағдайда, онда кез келген таужынысынан барлық белгілі элементтерді анықтауға болады деген қорытындыға келді. 1909 жылы дәрігерлермен табиғатты зерттеушілердің XII съезінде сөз сөйлеген В. И. Вернадский былай дейді: «кез келген құм қиыршығында немесе су тамшысында, микрокосмостада, космостың құрамын көрсететін барлық элементтер анықталады».

Қазіргі геохимиктер кез келген таужынысын кез келген химиялық элементке талдаудың кезінде нәтижесі «жоқ» деген жауап алған жағдайды кездестірмеген. Тандалған талдау әдістемесі бойынша элемент анықталмаса, олар «анықталмады» деп жауап береді. Бұл дегеніміз, зерттеліп жатқан таужынысының ішінде элементтің болуы теріске шығарылмайды, бірақ элементтің мөлшері жүргізілген талдаудың дәлдігі мүмкін болмаған жағдайда талдаулар санымен өлшенеді.

1910 жылы В. И. Вернадский айтқан элементтердің жалпы шашырау заңы көпшілікке танылған болды, ал кейіннен Н. И. Сафроновтың ұсынысы бойынша «Вернадский заңы» деген атқа ие болды. Бұл заң бірқатар салдардан туындайды.

Оның біріншісі барлық элементтер геосфераларда көп таралған деп қорытындыланады.

2.1-кесте

Геосфералардың негізгі химиялық құрамы

Геосфералар	Басты элементтер	Химиялық элементтердің саны	Кларк қосындысы, %
Литосфера	O, Si, Al, Ca, Na, K, Mg, Ti	9	99,48
Гидросфера	O, H, Cl, Na, Mg	5	99,58
Атмосфера	N, O, Ar	3	99,94
Биосфера	O, C, H, Ca, K, N, Si, Mg, P, S	10	99,96

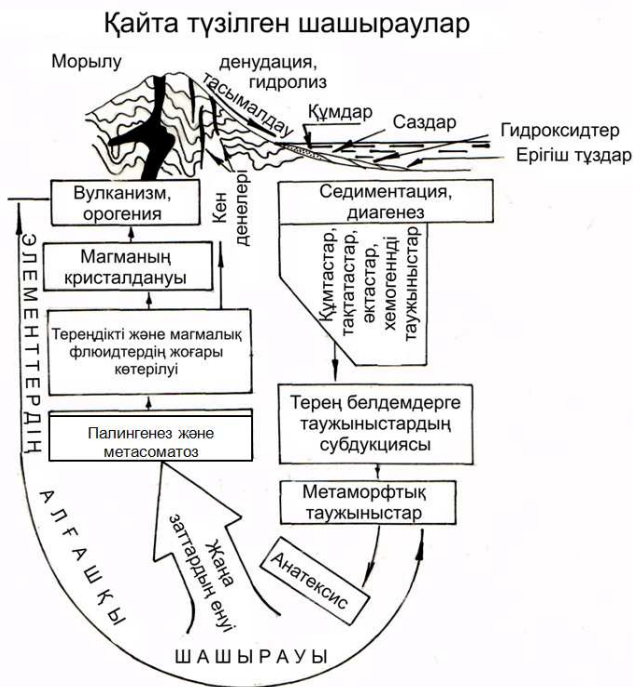
Көптеген элементтердің салмақтық мөлшері геологиялық жаралымдарда өте аз, тіпті азғантай болғанына қарамастан, аналитикалық геохимиямен байланысты микродүние деңгейінде бұл мөлшерлер соншама елеусіз емес. Мысалы, радийдің судағы мөлшері азғантай ғана ($n \cdot 10^{-14}$ %) болғанына қарамастан, судың әрбір бір сантиметр кубы осы элементтің $n \cdot 10^7$ атомын құрайды. Судағы мыстың пайыздық мөлшері радийдің мөлшерінен шамамен миллион есе артық, сондықтан мыстың атомының саны 1 см^3 суда астрономиялық санмен есептеледі (жүздеген триллиондар).

Элементтердің жалпы шашырау заңы туындауының екінші салдарына «табиғатта таза заттардың тіршілік етуінің мүмкін еместігі» туралы қорытынды жатады. Сондықтан қазіргі ғылыми-техникалық ойлаулардың үлкен проблемасына әртүрлі техникалық және тәжірибелік қажеттіліктерге керек таза металдарды алу жатыр.

2.2. Элементтердің жалпы миграциясы (жылыстау) заңы

Миграция немесе заттың кеңістікте қозғалуы – кеңінен таралған құбылыс. Ол геологиялық жаралымдарда әртүрлі түрлерде көрініс береді. Мысалы, құрлықтың тектоникалық

көтерілуі немесе метеориттің ұшуы, жеме-жемге келгенде заттардың миграция процесі болып табылады. Элементтердің миграциясы геосфераның ішінде де (лито-, гидро-, био- немесе атмосферада) және олардың арасында да жүзеге асады. Заттардың литосферада ауысуын келесі топтамалық диаграммада көруге болады (2.1-сурет).



2.1-сурет. Жер қыртысындағы химиялық элементтер миграциясының үлкен геологиялық топтамасы

Элементтер миграциясының үлкен топтамасын диаграмманың кез келген нүктесінен қарастыруға болады. Тереңдіктегі ошақтан магмалық массаны ендіруден басталады деп есептейік.

Магмалық масса қоршаған ортаға кірігуінен немесе палингендік қайта құрылуынан (яғни балкуынан) эндогендік кенорындардың жаралуына алып келетін заттардың

дифференциациясы болады. Одан кейінгі болатын тектоникалық қозғалыстармен денудация процесі жаралған кенорындарды жер бетіне шығарады. Денудация процесі арқылы жана мору өнімдері пайда болады. Оларға сынықты таужыныстар (құмдар, алевриттер және т.б.), әртүрлі тұздар жатады. Осы процестермен және гидролизбен бірге қосынды ретінде алюмосиликаттардан саздың минералдары жаралады. Шөгінді таужыныстарды және кейбір экзогенді кенорындарды (оның ішінде алтынның, платинаның, цирконның, ванадийдің, тақтатастардың, мысты құмтастардың, бокситтердің шашырандылары) қалыптастыратын аталған таужыныстардың бұзылу өнімдері седиментация бассейніне жеткізіледі. Кейіннен седиментация өнімдері шөгінделіп (немесе шөгіп) метаморфизмге, анатексиске және палингенезге ұшырайды.

Үлкен геологиялық топтаманың екінші сатысында пайда болатын эндогендік және экзогендік кенорындар да метаморфизмге ұшырауы мүмкін және осындай кенорындардың генезисі туралы ой-пікірлер әралуан болып келеді.

Қарастырылған элементтер миграциясы топтамасының жоғарғы бөлігі, яғни құрлық бетін, пайдалы қазбалардың шашырау алаңы (немесе өрісі) деп атауға болады, бірақ мұнда да кенорындардың кейбір типтерінің (шашыранды, туынды сульфидті байыту белдемі және т.б.) жаралу процесі жартылай жүруі мүмкін. Алайда, құрлық бетінде кеңінен етек алатын негізгі процестерге кенорындардың жаралуы жатпайды, ал керісінше пайдалы қазба кенорындардың бұзылуы және жойылуы жатады.

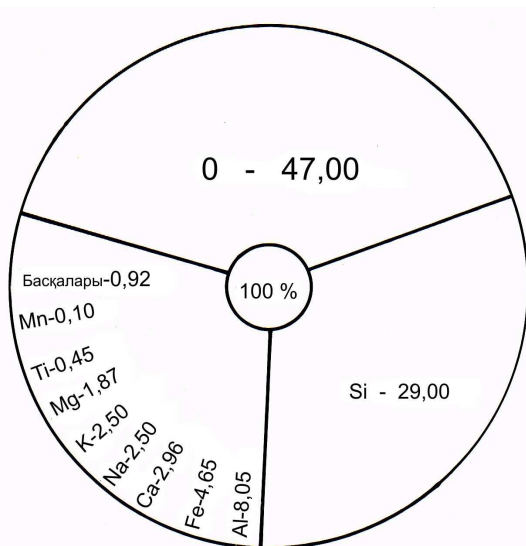
Сонымен, кенорындардың денудация процесі жүретін құрлықтың жоғарғы горизонттарының облысын элементтердің шашырау өрісі деп атауға болады.

2.3. Табиғатта элементтердің кездесу түрлерінің әр алуан болу заңы

Жеке химиялық элементтердің литосферадағы мөлшері әртүрлі болып келеді, ал олардың кездесу түрлері өте әр алуан болып келеді. Ең алдымен, элементтердің табиғатта кездесуінің екі түрі болады:

- минералды түрі, яғни жеке минерал түрінде;
- минералсыз түрі.

Элементтердің минералсыз түрде кездесуінің мысалына теңіз суын жатқызуға болады. Теңіз суында еріген күйінде барлық химиялық элементтер кездеседі, бірақ жеке минерал күйінде (сұйық күйінде) тек H_2O болады.



2.2-сурет. Жер қыртысындағы химиялық элементтердің орташа мөлшерлері. А. П. Виноградов бойынша

Элементтер кездесуінің минералсыз түрі литосферада өте аз тараған, бірақ ол әртүрлі геологиялық процестерде біршама маңызды рөлді атқарады. Ал Жер биосферасындағы элементтермен алмасу тек қана осы түрде жүзеге асады.

Элементтердің минералсыз күйде кездесуінің негізгі түрлеріне төмендегілер жатады:

- қожайын-минералдың кристалдық торына элементтің изоморфты кірігуі (изовалентті немесе гетеровалентті изоморфизм);

- басқа минералдарда элементтердің субмикроскопты тұтқын-минералдар түрінде кездесуі;
- минералдардың кристалдық торының ақауында кездесуі;
- квазигаз тәрізді, яғни бір элементтің басқа элементте әралуан түрде кездесуі.

2.4. Элементтердің шашыраңқы күйінің концентрацияланған күйіне қарағанда басым болу заңы

Егер химиялық элементтің сынамаланған таужыныстардағы мөлшері жер қыртысындағы кларк (бұл терминді геохимияға А. Е. Ферсман енгізген, элемент мөлшерінің бірлік өлшемі америка геохимигі Ф. У. Кларктың құрметіне аталған) деп аталатын орташа мөлшерінен азғантай ерекшеленетін болса, онда химиялық элемент шашыраңқы күйінде болады деп есептеледі.

Химиялық элементтің кларкы – бұл нақты геохимиялық жүйедегі химиялық элементтің саны. Мысалы, сол жүйедегі жалпы салмағына, көлеміне немесе атом санына жер қыртысында немесе жер шарында пайызбен көрсетілген саны.

Кларктың келесі түрлері болады:

- салмақтық түрі, яғни геохимиялық жүйедегі барлық атомдардың жалпы салмағына қарағанда пайызбен берілген химиялық элементтің салмағы;

- көлемдік түрі, яғни геохимиялық жүйедегі барлық атомдардың жалпы салмағына қарағанда қажет элементтің атомдарының көлемі;

- атомдық түрі, яғни геохимиялық жүйедегі барлық атомдардың жалпы салмағына қарағанда пайызбен көрсетілген қажет элементтің атомдарының саны.

Аталған кларктар минералды заттарды талдаудың жетілуіне қарай жүйелі түрде қайта есептеліп отырады.

Сидерофильді элементтердің басым көпшілігі табиғатта шашыраңқы күйінде кездеседі. Ол Н. И. Сафронов құрастырған келесі кестеде көрсетілген.

Литосферада кездесетін металдардың ресурстары

Металл	А. П. Виноградов (1950) бойынша литосферадағы кларкы, салм, %	Литосфераның 1 км ³ ресурстары	Кенорынның өлшемдері
Fe	4,65	149 000 000	Орташа
Cu	1x10 ⁻³	27 000	Орташа
Pb	1,6x10 ⁻³	45 000	Ұсақ
Zn	5x10 ⁻³	140 000	Ұсақ
Ni	8x10 ⁻³	224 000	Орташа
Co	3x10 ⁻³	83 000	Теңдесі жоқ
Sn	4x10 ⁻³	112 000	Ірі
W	1x10 ⁻³	2 800	Ұсақ
Mo	3x10 ⁻³	8 400	Ұсақ
Hg	7x10 ⁻³	195	Ұсақ
Au	5x10 ⁻³	14	Орташа

2.5. Концентрация кларкы

Егер элементтің мөлшері геохимиялық жүйеде өнеркәсіптікке жақын болатын болса, онда оны концентрацияланған күйде деп санайды.

Элементтің концентрациясын көрсету үшін «концентрация кларкы» деген түсінік қолданылады. Бұл кенорындағы немесе кез келген минералды денедегі элементтің орташа мөлшерінің ($C_{орт}$), жер қыртысындағы сол элементтің кларкына (C) қатынасын көрсетеді. Концентрация кларкы келесі формула арқылы анықталады:

$$K = C_{орт} / C \quad (1)$$

Элементтердің жинақталған күйінің мысалына концентрация кларкы жоғары мәндерге ие болатын пайдалы қазбалар кенорындары жатады.

2.3-кесте

Кейбір рудалы кенорындардағы элементтердің
концентрация кларктарының мәндері

Химиялық элемент	Кларк С, %	Элементтің рудадағы өнеркәсіптік мөлшері С _р , %	Концентрация кларкы К _к
Fe	4,65	45,0	≈ 10
Pb	1,6x10 ⁻³	1,5	1000
Cu	4,7x10 ⁻³	1,0	200
Hg	8,3x10 ⁻⁶	0,2	24000

Егер, мысалы литосферадағы таужыныстарда 1 км тереңдікке дейін мыстың қорын есептейтін болсақ және жер шарының барлық кенорындарындағы, оның ішінде өндірілген, пайдаланып жатқан, сонымен қатар болашақта анықталатын кенорындардағы қорын есептесек те мыстың кенорындары 0,04% құрайды, ал оның 99,96% оның қоры литосферада шоғырланған. Қорғасын үшін бұл арақатынас 0,85% (кенорындарда шоғырланған қорлары) және 99,15% (литосферадағы қоры) көрсетеді.

Кейбір басқа металдар үшін кенорындардағы қорлары мен литосферадағы қорларының арақатынасы Н. И. Сафронофпен есептеліп қойылған. Оны келесі кестеден көруге болады (2.4-кесте).

2.4-кесте

Литосферадағы қорына қарағанда кенорындарда
шоғырланған металл қорларының үлесі

Металл	Жер қыртысындағы металдардың ресурстары, т (ауданы 149 млн.км ² , тереңдігі 1 км)		Кенорындарда шоғырланған қорлардың үлесі, %
	таужыныстарда шашыраңқы күйінде	кенорындарда жинақталған	
Fe	2,1x10 ¹⁶	4,3x10 ¹²	2,1x10 ⁻²
Zn	2,1x10 ¹³	11,6x10 ⁹	5,5x10 ⁻²
Ni	3,3x10 ¹³	0,6x10 ⁹	1,8x10 ⁻³

Металл	Жер қыртысындағы металдардың ресурстары, т (ауданы 149 млн.км ² , тереңдігі 1 км)		Кенорындарда шоғырланған қорлардың үлесі, %
	таужыныстарда шашыраңқы күйінде	кенорындарда жинақталған	
Co	$1,2 \times 10^{13}$	$52,5 \times 10^6$	$4,4 \times 10^{-1}$
Sn	$1,7 \times 10^{13}$	$0,5 \times 10^9$	$3,0 \times 10^{-3}$
W	$4,2 \times 10^{11}$	$0,1 \times 10^9$	$2,4 \times 10^{-2}$
Mo	$1,2 \times 10^{12}$	$0,1 \times 10^9$	$8,0 \times 10^{-3}$
Hg	$2,9 \times 10^{10}$	$37,0 \times 10^6$	$1,3 \times 10^{-5}$
Au	$2,1 \times 10^9$	$3,15 \times 10^6$	$1,5 \times 10^{-3}$

Геосферадағы элементтердің шашыраңқы күйі табиғи, басқа сөзбен айтқанда, қалыпты жағдайда болады. Ал элементтердің жинақталған күйінде кездесуі, аномалды болып саналады, сондықтан элементтердің концентрациясы көптеген жағдайда геологиялық процестердің нәтижесінде пайда болатын қосымша энергия шығынын қажет етеді. Бұл көзқарас бойынша кез келген пайдалы қазба кенорны геохимиялық аномалияны көрсетеді. Бірақ, кез келген геохимиялық аномалия кенорны болады деп айтуға болмайды. «Пайдалы қазба кенорны» түсінігі геохимиялық түсінік емес, ол өзіне бірқатар экономикалық факторларды кіріктіретін (оның ішінде, тау-кен өндіру техникасының қазіргі даму деңгейінде минерал шикізатты өндірудің тиімділігі, хабардар ету жолдарының жақындығы, энергия көздерінің болуы және т.б.) геологиялық-экономикалық түсінік.

3. ГЕОХИМИЯЛЫҚ ІЗДЕУ ӘДІСТЕРІНІҢ ЖАЛПЫ ПРИНЦИПТЕРІ

3.1. Негізгі аймақтық-геохимиялық түсініктер

Салыстырмалы түрде ірі геологиялық аймақтармен сипатталатын жеке облыстар, бір-бірінен таужыныстарының геохимиялық ерекшеліктері бойынша және литосфераның орташа химиялық құрамынан біршама ерекшеленеді. Осындай аймақтардың геохимиясын және геохимиялық тарихын зерттеуді алғаш рет А. Е. Ферсман бастаған.

Геохимиялық провинциялар – жоғары концентрацияларда болатын нақты бір химиялық элементтер ассоциацияларымен сипатталатын геохимиялық біртекті облыстар. Осындай провинциялардың жаралуы Жер қыртысының нақты бір бөлікшесінің тарихи дамуының нәтижесі болып келеді.

Кейбір провинциялардың пайда болуы Жердің планетарлық дифференциациясымен байланысты, ал басқалары жиі шөгінді таужыныстардың кейінгі қайта балқуымен бірге шөгінді жинақталу процесі нәтижесінде, химиялық элементтердің дифференциациясы кезінде пайда болуы мүмкін. Әрине, осындай аймақтарда нақты элементтер ассоциацияларының құрылуына магмалық және тектоникалық процестер әсер етеді.

Металлогениялық провинциялар - бұл жаралуы бойынша бір-біріне жақын және рудалы кенорындардың саны біршама көп болып келетін облыстар. Жеке ғылым ретінде металлогенияның негізі және дамуы Қ. И. Сәтбаев, В. А. Обручев, А. Е. Ферсман, С. С. Смирнов, Ю. А. Билибин, В. А. Кузнецов, Н. П. Лаверов, И. Г. Магакьян, Е. А. Радкевич, В. И. Смирнов, Г. А. Гвалчрелидзе, Е. Т. Шаталов, А. Д. Щеглов және т.б. еңбектерімен байланысты.

Металлогениялық провинциялардың мысалы ретінде полиметалдық провинцияларға жататын Оңтүстік Қазақстандағы Қаратау жоталарының және Оңтүстік-Жоңғар антиклинорийінің аудандарын келтіруге болады. Перу және Чилидің мысты металлогениялық провинциялары, уранды – Канада қалқаны ауқымында кеңінен танымал. Солтүстік Балқаш маңындағы мысты провинцияны да мысал ретінде көрсетуге болады.

Металлогениялық провинция көбінесе металлогениялық провинциялар кендерінің негізгі компоненттері болатын, химиялық элементтердің жоғарғы мөлшері тән геохимиялық провинция ауқымында болады. Осылай, Оңтүстік-Шығыс Азиядағы және Анд тауларындағы қалайы кенорындарының жоғары мөлшердегі геохимиялық провинцияларға айқын туралануы байқалады.

Дәл осындай жағдай Қаратау және Жоңғар полиметалдық провинцияларда, сонымен қатар уранды металлогениялық провинциялардың кейбіреулерінде байқалады.

Металлогениялық провинциялардың геохимиялық провинцияларға жиі туралануына байланысты соңғылары нашар зерттелген, жетуге жолы қиын аудандарда іздеу жұмыстарын жүргізу кезінде маңызды іздеу белгілері болуы мүмкін.

Қалқандардың, белдеулердің, түйіндердің аймақтық геохимиялық жүйелер ретінде бөлінуі А. Е. Ферсманның еңбектерімен байланысты.

Геохимиялық қалқандар – бұл магмалық таужыныстары басым болып келетін орнықты көне платформалар. Геохимиялық кешендері бойынша олар тереңдікті жаралымдарға сәйкес болып келеді. Оларға келесі элементтер және олардың қосылыстарының жоғары мөлшерлері тән болады: SiO_2 , Fe, Та, U, F, P, Ti, Au.

Геохимиялық белдеулер – қалқандарға тікелей жанасатын тектоникалық қозғалмалы облыстар. Қозғалмалы облыстар ауқымында қалқандар арасында орналасқан бәсеңдеген орогендік белдемдер бойынша дамып, белдеулер қарқынды геохимиялық миграцияның аудандары болып келеді. Оларға магмалық жаралулардың және олармен байланысты әртүрлі желілі кенорындардың дамуы тән. Геохимиялық белдеулердің өздеріне тән элементтеріне Pb, Cr, Ni, Fe, Cu, S, Be, Li, Sn, F, Zn жатады.

Геохимиялық түйіндер – бұл бірнеше геохимиялық кезендердің үстемеленуін басынан кешірген аудандар. Оларға көп кезеңді минералжаралу процесі және кенорындардың жаңаруы тән. Геохимиялық түйіндерге тән типті элементтер кешені едәуір кең, болады ал элементтердің концентрациясы

түйіндер көлемінде әртүрлі типті кенорындардың жаралуына алып келді.

Геохимиялық дәуірлер – нақты бір элементтердің өзіндік концентрациялануының кезеңдерін көрсетеді. Жердің геологиялық тарихы бойы элементтердің концентрациясы және миграция ерекшеліктерінің өзгеруі туралы ілімнің негізін А.Е. Ферсман қалаған.

Кейіннен, элементтердің өздеріне тән миграциясы және концентрациясының кезеңдері бір жағдайларда барлық жер қыртысына тән болғаны, ал басқа жағдайларда олардың білінулері жергілікті болғаны анықталды. “Жаһандық” геохимиялық дәуірдің мысалына темір кендерінің жаппай жинақталу кезеңі – ортаңғы докембрий жатады. Жергілікті бөлікшеде нақты бір кезеңде металдардың концентрациясының көрнекі мысалына кеш девоннан ерте таскөмірге дейінгі кезеңдерде жалғасқан Қаратау жоталарында шөгінді қабаттардағы қорғасын мен мырыштың концентрациялары жатады.

3.2. Геохимиялық өріс және оның параметрлері

Геохимиялық өріс – химиялық элементтердің (Сх) мөлшерімен немесе олардың қосылыстарының мөлшерімен және кеңістікті координаттар мен уақыттың функциясы ретінде сипатталатын геологиялық кеңістіктің бөлігі:

$$C_x = f(x, y, z, T) > 0 \quad (2)$$

Терминді Жердің физикалық өрістеріне ұқсастығы бойынша 1932 жылы П.К. Соболевский енгізген.

Ортогалдық өстердің бағыттары әдетте келесідей болып қабылданады: x – солтүстікке қарай (немесе шоғырына тік), y – шығысқа қарай (немесе созылуы бойынша), z – горизонталды жазықтыққа бірыңғай бойынша тереңдікке қарай (немесе шоғырдың құлауы бойынша).

В. И. Вернадскийдің заңына сәйкес, бақылауға қолжетімді кеңістіктің кез келген нүктесінде, шамалы мөлшерде барлық

химиялық элементтер кездеседі, бірақ элементтің мөлшері 100% аз болады.

Сондықтан, кез келген элемент үшін осы нүктеде келесі формула орынды болады:

$$0\% < C_x < 100\% \quad (3)$$

Алайда, іс жүзінде кез келген бөлікшедегі таужыныстардағы бізге қажет элементтің графигі формулада (2) көрсетілгендей төрт өлшемді кеңістікте емес, келесі жорамалдарға сәйкес бір өлшемді кеңістікте көрсетіледі:

- қажетті элементті анықтауға арналған сынама бірдей тереңдіктен алынады ($Z = \text{const}$);

- анықталатын элементтің мөлшері сол нүктеде салыстырмалы қысқа уақыт аралығында тұрақты болады деп есептеледі ($T = \text{const}$);

- сынамаларды алу геологиялық дененің созылуын қиып өту бағытында жүзеге асады, яғни бұл жағдайда сынамаланатын нысанның созылуы бойынша бағытталатын Y өсі де нөлге тең болады ($Y = 0$).

Соңында формула келесідей түрде болады:

$$C_x = f(x) \quad (4)$$

3.3. Пайдалы қазба кенорындары және геохимиялық ореолдар

Пайдалы қазба кенорны – минерал шикізаттың мөлшері мен сапасы экономика мен техниканың қазіргі жағдайында өнеркәсіптік өндіріс нысаны бола алатын жер қыртысының геологиялық денелер түріндегі табиғи шоғырланған бөлікшесі. Пайдалы қазбаның жер қойнауындағы масса немесе көлем бірлігімен өлшенетін мөлшері оның геологиялық қоры деп аталады.

Барлық кенорындарды шартты түрде төрт топқа бөлуге болады: рудалы (металдық), бейрудалы (бейметалды), жанғыш (каустобиолиттер), гидроминералды.

Негізінен минералды және изоморфты түрлерде болатын, бірінші топта рудалы элементтер өнеркәсіптік құндылыққа ие болады. Екінші топта минералдар өздері құнды болады. Үшінші топта газды қоспа және минералды (қатты және сұйық) түрде болатын элементтердің күрделі органикалық қосылыстары, ал төртінші топта көптеген элементтердің сулы ерітінділері құнды болады.

Геохимиялық әдістермен іздеу негізінен рудалы кенорындарды анықтау үшін жүргізіледі, сирек осы әдістер көмегімен қалған үш топтың кенорындарын іздеу жұмыстары жүргізіледі. В. И. Красников бойынша (1965) рудалы кенорындар қорларының масштабы бойынша *ұсақ, орта, ірі және теңдесі жоқ* кенорындар деп бөлінеді.

Е. М. Квятковский қорлары бойынша теңдесі жоқ кенорындардан біршама жоғары болатын *феноменалды (ерекше)* кенорындарды бөлуді ұсынды. В. И. Красниковтың есептеулері ірі кенорындар барлық кенорындардың 2-ден 13% құрайтынын, ал олардың үлесіне есептелген қорлардың 36-дан 91% жататынын көрсетті. Осыған байланысты ірі аудандарда тек қана ірі және теңдесі жоқ кенорындарды анықтау елеулі маңызға ие болады. Ал көне рудалы аудандарда жиі тіпті жеке кен денелерін анықтау маңызды болып келеді. Осындай жағдай жеме-жемге келгенде көбінесе геохимиялық зерттеулердің масштабын анықтайды.

Н. И. Сафроновтың, Л. Н. Овчинниковтың, Е. М. Квятковскийдің және басқа да геохимиктердің еңбектері кендерде элементтердің концентрациясы мен қорлары және жер қыртысындағы осы элементтердің орташа мөлшері арасында айқын байланыс бар екенін көрсетті. Осыған байланысты А.Е. Ферсман *кларк* деп атауды ұсынды.

Қазіргі уақытта тек қана жер қыртысындағы элементтердің орташа мөлшерлерінің мәні ғана емес, сонымен қатар магмалық және шөгінді таужыныстардың әртүрлі типтерінде де элементтердің орташа мөлшерлерінің мәні анықталған. Таужыныстардың әртүрлі типтеріндегі элементтер таралуының әжептәуір үлкен ауытқуларына қарамастан, осы элементтер, өзгермеген, тіпті біршама байыған таужыныстар типтерінен төмен (бейөнеркәсіптік) концентрациясы үшін әзірге

игерілмейді. Демек, кенорындардың жаралуы үшін жер қыртысының нақты бір бөлікшесінде кейбір элементтердің концентрациясына алып келетін процестердің болуы әрқашан қажет болады. Әдетте мұндай концентрация элементтер миграциясының қарқындылығы төмендейтін *геохимиялық тосқауылдарда* жүзеге асады.

Геохимиялық тосқауылдарда элементтер топтарының концентрациясы нәтижесінде пайдалы қазба денелерінің жаралуы кезінде элементтердің бір бөлігі геохимиялық жағдайлардың алғашқы өзгерулерінде миграциясын тоқтады, басқалары әртүрлі геохимиялық жағдайлардың шекарасы көлемінде концентрацияланады, кейбір элементтер миграция бағыты бойынша негізгі рудалы белдемнен біршама қашықта жинақталады. Элементтердің өте көп концентрациясымен ерекшеленетін бөлікшелер әртүрлі пайдалы қазбалардың денелері болуы мүмкін. Осы денелерді қоршайтын элементтердің жоғары концентрациялары (өнеркәсіптік емес) *алғашқы геохимиялық ореолдарды* құрайды.

“Алғашқы” деген атау жаралу процесінің және пайдалы қазба денелерінің, және оларды қоршайтын ореолдардың бір уақыттылығын және ортақтылығын қамтып көрсетеді. Жаралу ерекшеліктері бойынша осындай ореолдар концентрация ореолдары болып келеді. Алғашқы ореолдардағы негізгі элементтер минералды және изоморфты күйде, сонымен қатар ерітінді және газды қоспа түрінде болуы мүмкін.

Кенорындардың бұзылуы кезінде пайдалы қазба денелерінен тысқары бағыт бойынша негізгі компоненттердің миграциясы нәтижесінде *қайта түзілген шашырау ореолдары* деп аталатын ореолдардың жаралуы жүзеге асады. Химиялық элементтер осы ореолдарда минералды, биогенді және изоморфты түрлерде, сонымен қатар ерітінді және газды қоспа түрінде кездеседі.

Геохимиялық ореолдарды мөлшерлік сипаттамасы үшін А. А. Сауков ореол көлемінде *элементтің аномалдылық коэффициенті* (К) деген түсінікті енгізді. Ол ореол ауқымында қарастырылып отырған элемент концентрациясының (Са) ореолдан тысқары орналасқан сол элементтің концентрациясына,

яғни жергілікті геохимиялық фонға (Сф) қатынасын көрсетеді. Осы шаманы ореолдағы элементтің өте жоғары мөлшері болған жағдайда ғана қолданған орынды болады.

Геохимиялық индикаторлар – таралу ерекшеліктерінің өзгеруі бойынша әртүрлі геологиялық нысандарда пайдалы қазбаларды геохимиялық әдістермен іздейтін элементтер.

Пайдалы қазбаны құрайтын және негізгі элементтерге сәйкес индикаторларды *тура индикаторлар* деп атайды. Пайдалы қазбалардың “серіктестері” болатын геохимиялық индикаторларды *жанама индикаторлар* деп атайды. Кеңінен тараған таужыныс түзуші (литофильді) элементтер жанама индикаторларға жатады. Мысалы, кремний, оның геохимиялық ореолы пайдалы қазба денелерінің өлшемдерінен ондаған, кейде тіпті жүздеген есе артық болып келеді.

Іздеу мақсатында жанама литофильді индикатор-элементтерді қолданған кезде, сол элементтер құрайтын минералдарға да көңіл бөлінуі қажет. Бұл жағдайда геохимиялық іздеу әдісінің минералогиялық әдістермен араласуы жүзеге асады.

Осындай кешенді зерттеулер тек қана жаңа кен денелерін анықтауға септігін тигізіп қоймай, сонымен қатар олардың эрозиондық қимасына баға беруге мүмкіндік береді.

Мысалға Жоңғар Алатауындағы полиметалды кенорындардағы кремнийдің геохимиялық ореолдарын зерттеулерді жатқызуға болады. Өлшемдері бойынша бұл ореолдар 2-5 есе кен денелерінен артық болады, осы жағдай оларды кенорындарды іздеу кезінде кеңінен қолдануына мүмкіндік береді, ал ореолдардағы кремний-құрайтын минералдардың құрамы бойынша эрозиондық қиманың деңгейін анықтауға болады: кен денелерінің жоғарғы бөліктері серпентиниттенген, ал төменгі бөліктері кварцталған долмиттерге тураланған. Гидротермалды кенорындарының жанама геохимиялық индикаторларына минералдарда қоспалар түрінде тоқтатылған су және газдардың бірқатары жатуы мүмкін. Олардың таужыныстардың минералдарындағы жоғары (кейде күрт төменгі) мөлшері бірқатар жағдайларда сынамаларды алу нүктелерінің пайдалы қазба денелерінен салыстырмалы алыс қашықта екенін көрсетеді.

3.4. Геологиялық іздеу сілтемелері және іздеу белгілері

Пайдалы қазба кенорындары және негізінен өнеркәсіптік кенорындар жер қыртысында өте сирек кездеседі. Алайда кенорындардың айрықша ерекшеліктеріне қарамастан олардың жаралуы кездейсоқ жағдай емес. Кенорындардың жаралуы – бұл жеке, кейбір жағдайларда масштабы бойынша тым үлкен емес жер қыртысының эволюциясындағы күрделі процестердің жалпы кешеніндегі оқиғалары. Бірақ олар заңдылықтарға қатаң бағынады. Кенорындардың орналасу және жаралу заңдылықтарын анықтау мен зерттеу – іздеу және барлау жұмыстарының негізі болып саналады.

Кенорындарды табудың мүмкіндіктерін анықтайтын геологиялық деректердің кешенін ескеру арқылы ғылыми негізделген іздеу жұмыстарын жүргізу мүмкін болады. Іздеу критерийлерінің негізінде зерттеліп жатқан аудандардың перспективтілігі бағаланады және іздеу жұмыстары жүргізіледі. Іздеу критерийлері *геологиялық іздеу сілтемелері* және *геологиялық іздеу белгілері* деп бөлінеді.

Іздеу сілтемелері – бұл кез келген пайдалы қазбаның бар болуын көрсете алатын геологиялық деректер жинағы. Осындай деректерді геологиялық түсіру және іздеу жұмыстары кезінде анықтау және тіркеу арқылы белгілі геологиялық жағдайдағы кенорын шоғырлануын байқауға мүмкіндік болады. Жеке сілтемелер өз кезегінде аймақтық және жергілікті іздеу сілтемелері деп екіге бөлінеді. Аймақтық іздеу сілтемелері ірі және біртұтас геологиялық алқаптарды қамтиды – олар қозғалмалы белдеулер, платформалар және т.б., ал жергілікті іздеу сілтемелері шектеулі аудандарда, жеке кенді аудандарда, өрістер мен бөлікшелерде орын алады.

Кенорындардың оқшаулануын анықтайтын көптеген факторларды әдетте алты негізгі топқа біріктіреді: магмалық, құрылымдық, стратиграфиялық, литология-фациалдық, геоморфологиялық және геохимиялық. Ауданның геологиялық құрылысының ерекшеліктеріне және кенорнының болжамды типіне байланысты сілтемелердің біресе бір тобы, кейде басқа да топтары өте маңызды болып келеді.

Магмалық және құрылымдық факторлар эндогендік кенорындарға, стратиграфиялық және литологиялық-фациялық шөгінді кенорындарға, ал геоморфологиялық қайта түзілген (туынды) кенорындарға тән болады.

Қазіргі жағдайда, анықталған кенорынның минералды шикізат базасының келешектегі дамуы және оның игерілуі дәлелденген болса, пайдалы қазбаны болжау процесі барлық геологиялық барлау жұмыстар сатысында басты дәрежеге ие болады, әсіресе іздеу жұмыстары сатысында теңдесі жоқ процесс болып табылады. Пайдалы қазбаны болжауда – барлық жиналған геологиялық мәліметтерді жан-жақты пайдаланып, оның ұқсастығы және айырмашылығы мен қарама-қарсылығын кеңінен қолдануы тиіс.

Алғашқы кезеңдерде тек қана геологиялық мәліметтер (тектоникалық, стратиграфиялық, литологиялық т.б.) пайдаланатын болса, кейінірек бұларға геохимиялық, геофизикалық және геоморфологиялық мәліметтерді қолданатын болды.

Осы барлық мәліметтер карталарға, қималарға, бағаналарға, сызбаларға енгізіліп, барлық фактілі материалдардың таралу ерекшелігі сипатталынады. Бұл мәліметтер геологиялық, минералогиялық, геохимиялық, геофизикалық өрістер мен аномалияларды интерпретация жасауға және бажайлауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде геологиялық түзілімдердің типі анықталынады, аномалды көрсеткіштердің орташа мәні есептелінеді, және бақылау нүктелері арасындағы контурлар шектеріне интерполяция жасалынады.

Іздеу сілтемелері өз кезегінде барлық жерде байқалатын, бірақ дәлдігі төмен - *эмбебап сілтемелер*, белгілі аумаққа тән, және де, әдетте, сенімділігі жоғары – *жергілікті* сілтемелер деп бөлінеді.

Эмбебап (универсалды) іздеу сілтемелері негізінен масштабы 1:1000 000 және 1:200 000 масштабты геологиялық карта түсірулер кезінде қолданылады және жете толық зерттеу үшін геологиялық қолайлы алаңдарды бөлу мақсатын көздейді.

Аймақтық іздеу сілтемелері жалпы іздеу жұмыстарымен бірге масштабы 1:50 000 геологиялық карта түсіру кезінде маңызды болып келеді және тікелей және жанама іздеу белгілерін анықтау мақсатын көздейді.

Жергілікті іздеу сілтемелері негізінен іздеу жұмыстарын жүргізгенде пайдаланылады. Рудалы кенорындардың жер қыртысында орналасуы әртүрлі геологиялық факторлардың көп санымен анықталады. Ол геологиялық факторларды магмалық, құрылымдық, стратиграфиялық, литология-фациалдық, геохимиялық және геоморфологиялық деп алты негізгі топқа біріктіруге болады. Магмалық және құрылымдық факторлар эндогендік кенорындарға, стратиграфиялық және литология-фациалдық шөгінді кенорындарға, ал геоморфологиялық туынды кенорындарға, оның ішінде негізінен шашыранды кенорындарға маңызды болады.

Магмалық іздеу сілтемелері пайдалы қазба кенорындарының магмалық жаралымдармен заңды байланыстылығын сипаттайды. Эндогенді кенорындар көбінесе нақты құрамды магмалық таужыныстармен кеңістікте және генетикалық байланыста болады. Негізді және ультранегізді интрузиялық массивтермен хромиттің, титаномагнетиттің, платинаның, сульфидті мыс-никельді кендердің, алмастардың, асбесттің, тальктің кенорындары байланысты. Қышқыл интрузиялық таужыныстармен әртүрлі генетикалық типті көптеген эндогенді кенорындар (пегматитті, грейзенді, скарнды, гидротермалды) байланысты болады. Сілтілі интрузиялық массивтерде апатиттің, сонымен қатар сирек және сирек жерлі элементтердің кенорындары орналасады.

Стратиграфиялық іздеу сілтемелері. Көптеген кенорындардың жаралуы белгілі бір стратиграфиялық қималардағы кезендермен немесе жанартаулық комплекстердің белгілі уақыттарымен байланысты болады. Мысалы, шөгінді кенорындардың маңызды пайдалы қазбалары: көмір, жанғыш тақтатастар, галоидты және сульфатты тұздар, фосфор, алюминий, темір және т.б., жер қыртысы дамуының белгілі бір кезеңінде жаралған горизонттарда немесе уақытта пайда болады. Мұндай кенорындар басқа шөгінділер арасындағы кезендер мен уақыттар горизонтында кездеспейді. Сондықтан мұндай пайдалы қазбаларды тек қана экранды горизонттардан, сол кезендер мен уақыттар аралығында іздеу қажет.

Литология-фациалдық іздеу сілтемелері. Бұл топтың сілтемелеріне эндогенді кенденуді бақылайтын литологиялық сілтемелер және шөгінді кенжаралуды бақылайтын литология-

фациалдық сілтемелер жатады. Литологиялық және литология-фациалдық іздеу сілтемелері кенденудің нақты бір құрамды шөгінді және вулканогенді-шөгінді таужыныстарға заңды туралануымен сипатталады.

Таужыныстардың литологиялық және химиялық құрамы, сонымен қатар таужыныстардың физика-механикалық қасиеттері эндогендік кенденудің орналасуына әсерін тигізеді. Физикалық қасиеттердің ішінде таужыныстардың осалдығы немесе сынғыштығы, тығыздығы кеуектілігі және жарықшақтылығы өте маңызды болып келеді. Литологиялық-фациалдық сілтемелер кенорындардың шөгінді таужыныстардың нақты бір фацияларымен байланысын сипаттайды.

Құрылымдық іздеу сілтемелері магмалық сілтемелермен қатар эндогенді рудалы кенорындарды іздеу кезінде өте маңызды іздеу сілтемелері болып келеді.

Кенорындардың геологиялық-құрылымдық орналасу заңдылықтарын зерттеу және талдау негізінде кенбақылаушы құрылымдар анықталады және құрылымдық сілтемелер орнатылады. Кенбақылаушы құрылымдар ішінде аймақтық және жергілікті құрылымдар бөлінеді. Аймақтық кенбақылаушы құрылымдар (қатпарлы белдемдер, ірі жарылымдар, мыжылу белдемдері) кенорындардың аймақтық орналасу заңдылықтарын анықтайды. Жергілікті кенбақылаушы құрылымдар (қатпарлар, ұсақ жарылысты бұзылыстар, жарықтар) кенденудің жергілікті орналасу заңдылықтарын анықтайды.

Геохимиялық іздеу сілтемелері. Геохимиялық сілтемелердің мәні элементтердің өз қасиеттерімен, физика-химиялық жағдайлармен және геологиялық процестердің ерекшеліктерімен шартталатын жер қыртысындағы химиялық элементтердің заңды таралуымен сипатталады.

Іздеу жұмыстары үшін келесі басты геохимиялық заңдылықтар маңызды болып келеді:

1. Эндогенді кенжаралу процесі кезіндегі химиялық элементтердің таралуы және алғашқы шашырау ореолдары.
2. Экзогенді процестер кезіндегі, әсіресе тотығу белдемінде химиялық элементтердің таралуы.
3. Элементтердің, минералдардың және кенорындардың парагенетикалық заңды ассоциациялары.

Геохимиялық сілтемелер жер қойнауындағы химиялық элементтердің таралуымен байланысты болады және кейбір химиялық элементтер, тұрақты кларк мөлшерінен артық екенімен байқалады. Сондықтан геохимиялық сілтемелер, кенорындарды іздеуде және ірі аймақтардың кендену процесін болжауда теңдесі жоқ сілтемелердің бірі болып саналады. Геологиялық түсіру жұмыстарының нәтижесі арқылы арнайы геохимиялық карталар құрастырылады.

Геоморфологиялық іздеу сілтемелері бедер жаралу процесімен байланысты жер бетіне жақын жағдайларда жаралатын кенорындарды анықтау үшін аса маңызды болып келеді. Бұл мәселе мору қыртысының кенорындарына, шашыранды кенорындарға, саздың, құм және қиыршық тастардың кенорындарына қатысты болып келеді. Алтынның, платинаның, алмастың, касситериттің, вольфрамиттің және монзониттің шашыранды кенорындарын іздеудің негізінде бедердің дамуын зерттеу жатыр.

Геоморфологиялық зерттеулер палеогеографиялық талдаулармен бірге көне бедерлерді және көне өзен торабтарын, демек көне шашылымдарды анықтау кезінде аса тиімді болып келеді. Осының бәрі құмдардың, саздардың, қиыршық тастардың, құмтасты-қиыршықтастар шөгінділерінің және басқа да борпылдақ құрылыс материалдар кенорындарын іздеуге қатысты болады. Геоморфологиялық іздеу сілтемелері топографиялық карталарды, геологиялық карталарды, геофизикалық зерттеулер мен далалық геоморфологиялық бақылауларды талдау негізінде жасалады.

Іздеу белгілері - деп пайдалы қазба кенорнының нақты бір орында бар екенін немесе анықталу мүмкіндігін көрсететін кез-келген деректер мен құбылыстарды айтамыз. Іздеу белгілері - *тікелей* және *жанама* деп екіге бөлінеді.

Іздеу белгілерінің тікелей түрі кенорынның ашылатынын анық көрсете алады, оларға төмендегілер жатады:

1. Пайдалы қазбаның ашылуы;
2. Пайдалы қазбаның шашырау ореолдары немесе геохимиялық аномалиялар;
3. Адамзат тіршілік іздері.

Пайдалы қазбаның ашылуы. Түбірлік ашылымдарда пайдалы қазбалардың немесе кенді минералдардың бар болуын толық анықтай алатын негізгі іздеу белгісі болып саналады. Сондықтан да осындай ашылуды анықтау немесе бақылау геолог-іздеушінің алдына қойған негізгі тапсырмасының бірі болып саналады.

Кен денелерінің ашылымдарда физикалық және химиялық морылуы нәтижесіндегі тереңдікті өзгерулерінің есебінен көптеген жағдайда кенді ашылымдарды зерттеу және бағалау жұмыстары өте күрделі мәселе болып келеді. Бұл күрделі процестер кен денелердің сырт пішінін, олардың заттық құрамын, морфологиясы мен орналасу жағдайларын өзгертеді.

Осындай құбылысқа негізінен сульфидті және кейбір химиялық тұрақты емес кендер ұшырайды. Тотығу процестері және кендердің ыдырауы метеор сулары жиналатын белдемдерде интенсивті жүреді. Осы белдем ауқымында тотығу белдемі дамиды. Тотығу белдемдерінің қалыңдықтары 100-200 метр кейде 600-900 м дейін жетеді.

Пайдалы қазбаның шашырау ореолдары немесе геохимиялық аномалиялар. Пайдалы қазба кенорындарын іздеу кезінде геохимиялық аномалиялар басты маңызға ие болады. Олар кенорындардың маңындағы геохимиялық ореолдардың жаралуымен сипатталады.

Шашырау немесе таралу ореолдары деп – кенорынның жаралуы мен бұзылу процесіне қатысты генетикалық байланыста болған кенорын айналасындағы кенді заттардың жоғары концентрациялы облыстары. Олар алғашқы және қайта түзілген шашырау ореолдары деп екіге бөлінеді. Алғашқы шашырау немесе таралу ореолдары – кенорынның жаралу процесімен қатар түзіледі. Қайта түзілген шашырау немесе таралу ореолдары – физика-химиялық морылу процестері жүргенде және кенорында бұзылу процесі жүргенде түзіледі. Кенді бөліктердің өлшемдеріне қарай олар макроореолдар және микроореолдар деп екіге бөлінеді.

Макроореолдарда рудалы бөлшектер жай көзбен көрінеді және оны зерттеп бақылауға мүмкіндік болады. Микроореолдарда руда құрайтын заттарды жай көзбен анықтауға және бақылауға

мүмкіндік болмайды, сондықтан оларды тек зертханалық жағдайда арнайы микроскоптар көмегі арқылы зерттеледі.

Пішіндері бойынша ореолдар: көлемді, алаңды және сызықты болып үшке бөлінеді. Көлемдік ореолдар өлшемдері барлық жағынан да бірдей болып келеді және көптеген эндогендік рудалы кенорындардағы алғашқы ореолдарға тән болады.

Алаңдық ореолдар өлшемдері кен қалыңдығының айналасында оның ұзындығы мен ені өте ұзын болуымен сипатталады және барлық кенорындардың элювий-делювийлі қайта түзілген ореолдарына тән, сонымен қатар шөгінді кенорындардың алғашқы ореолдарына тән болады.

Сызықтық ореолдар өлшемдері бір жағына қарай созылып бағытталады және кейбір эндогендік кенорындардың сызықты құрылымдармен бақыланған жағдайда жаралған алғашқы ореолдарына тән болады және де гидроторабтардағы кенорындардың қайта түзілген шашырау ореолдарына тән болып келеді. Гидроторабтардағы кенорындардың ореолдары шашырау ағындары деп аталады.

Алғашқы шашырау ореолдары кенжаралу процесі кезінде бірқатар химиялық элементтермен байытылған кен сыйыстырушы таужыныстардың изометрлі бөлікшелерімен сипатталады.

Сыйыстырушы таужыныстарға қатысты алғашқы ореолдар сингенетикалық және эпигенетикалық болып бөлінеді. Сингенетикалық алғашқы ореолдар пайдалы қазбалар мен сыйыстырушы таужыныстардың бірге жаралуы процесі кезінде жаралады. Сингенетикалық ореолдар магмалық және шөгінді кенорындарға тән болады.

Эпигенетикалық ореолдар бұрын түзілген сыйыстырушы таужыныстар ортасында өтетін процестер нәтижесінде үстемеленген эпигенетикалық кенорындармен бірге жүреді. Эпигенетикалық ореолдар желілі гидротермалды кенорындарға және пегматитті кенорындарға тән болады.

Қайта түзілген шашырау ореолдары және ағындарына пайдалы қазба кенорындарының және олардың алғашқы ореолдарының бұзылуынан пайда болатын барлық өнімдердің кешенін жатқызамыз. Мұндай ореолдар және шашырау

ағындары жоғарғы беткі борпылдақ жамылғыларда, топырақтарда, өсімдіктерде, грунт және жоғарғы беткі су көздерінде орын алады және бір-бірімен байланыста болады. Олар эрозияға және физикалық және химиялық мору агенттерінің әсеріне ұшырайтын әртүрлі генезисті және құрамды кенорындарда пайда болады. Қайта түзілген шашырау ореолдары және ағындарының минералдық және химиялық құрамы кенорындардағы кендердің және алғашқы ореолдардың құрамына сәйкес болып келеді.

Бұзылу процестерін сипатына және бұзылу өнімдерінің фазалық жағдайына байланысты қайта түзілген шашырау ореолдары және ағындары беске бөлінеді:

1. Механикалық ореолдар;
2. Тұзды ореолдар;
3. Гидрогеохимиялық ореолдар;
4. Атмогеохимиялық ореолдар;
5. Биогеохимиялық ореолдар.

Адамзат тіршілік іздері. Пайдалы қазбаның бар болуын көрсететін негізгі деректерге әртүрлі фондылық, архивті және басқа да әдебиет көздері, саяхат жасау туралы, геологиялық зерттеулердің, геологиялық түсірулердің, пайдалы қазбаларды іздеу мен барлау, өндіру туралы есепнамалар жатады. Сонымен қатар пайдалы қазбалардың бар болуы туралы сұранымдарды, оларды тексерудің нәтижелері туралы есепнамаларды, ревизиялық партияның анықтамалық есепнамаларын және т.б. қолданған жөн болады. Бұрын өндірілген пайдалы қазындылардың байыту пештері, қоқыс үйінділері және құрылыс орындарының қалдықтары да пайдалы қазбаның жақын жерде болуын көрсете алады. Бұрынғы өндірілетін пайдалы қазбаларға: темір, қорғасын, мыс, алтын, күміс, сынап, слюда, асыл және әшекей тастар, құрылыс материалдары жатады.

Өткен замандағы жүргізілген тау-кен қазындылар қалдықтары (шахта, штольня, канава, шұңқұр және т.б.) пайдалы қазбаның бар болуын тура көрсете алады. Осындай белгілер арқылы Кавказдағы, Оралдағы, Алтайдағы, Қазақстанда және де Сібірдің кейбір аудандарында көптеген кенорындар ашылған.

Жанама іздеу белгілері кенденудің ашылуы мүмкіндігін көрсетеді. Оларға төмендегілер жатады:

- 1) кен маңайындағы таужыныстардың өзгеруі;
- 2) геофизикалық аномалиялар;
- 3) геоморфологиялық белгілер.

Кен маңайындағы таужыныстар өзгеруі - пайдалы қазбалардың жаралуы және бұзылуы кезінде жүзеге асады. Кен маңайында таужыныстар өзгеруі біршама кең тараған процестер. Эндогенді кенжаралу процесі кезінде келесідей кен маңындағы өзгерістер тән болады: скарндану, грейзендену, кварцтану, доломиттену, каолиндену, серпентиниттену, серциттену, хлориттену және т.б. Бұл процестер кең аудандар көлемінде таралады, сондықтан маңызды жанама іздеу белгілеріне жатады. Осы процестердің байқалуы минерал жаралу процесінің бар болуын куәландырады (дәлелдейді).

Мысалы: скарндық процестермен көптеген темір, мыс, қорғасын, мырыш, вольфрам, молибден, бериллий, алтын, кобальт, қалайы және бор кенорындарының жаралуын анықтауға болады. Грейзендік процестер мен қышқыл интрузивті денелер, вольфрам касситеритті кенорындар байланысты жаралады. Листвениттену процестері тальк, кварцты алтын және мыс-кобальты кенденулермен және желілі мыс кенорындарымен байланысты болады.

Пропилиттену процесі сульфидті кенорындардың ашылуын куәландырады. Карбонаттану, флюориттену және бариттену процестері гидротермалдық процестердің дамуымен ерекшеленеді және орта – төменгі температуралық кенорындардың жаралуының дәлелі бола алады. Таужыныстардың цеолиттену процесі исланд шпаты кенорнының іздеу белгісі болып табылады.

Геофизикалық аномалиялар деп табиғаттағы физикалық өрістердің тұрақты жағдайдан біршама ауытқуын және зерттеліп жатқан аймақтағы таралу ерекшеліктерін айтамыз. Геофизикалық аномалиялар орнының байқалуы, кенорынды анықтау мүмкіндігін немесе зерттелінетін ауданның геологиялық құрлысының ерекшелігін айқындау мүмкіндігін көрсетеді. Геофизикалық аномалиялардың барлығы бірдей

пайдалы қазбалар шоғырлануына байланысты пайда болмайды, сондықтан олар жанама белгілер тобына жатады.

Пайдалы қазбалар әсерінен туындайтын геофизикалық аномалиялар: магниттік, радиоактивті, гравитациялық, электрлік деп төртке бөлінеді:

Магниттік аномалия деп жердің магниттік өріс өлшемінің, бақылау нүктесіндегі қалыпты магниттік өрістен ауытқуын айтады.

Магниттік аномалиялардың белсенділігіне байланысты мынадай түрлерге бөлінеді:

1) интенсивті аномалиялар, олар онмыңдық және жүзмыңдық гамм аралығында ауысады;

2) орташа аномалиялар, өлшемі мыңдаған гамм;

3) нашар аномалиялар, өлшемдері ондаған және жүздеген гамм.

Радиоактивті аномалиялар таужыныстардағы және кендердегі радиоактивті элементтердің көп мөлшерде кездесуімен немесе топырақтың ауасында радиоактивті ыдыраудың газ тәрізді өнімдерінің бар болуынан туындайды. Осыған байланысты гамма-аномалиялар және эманациялық аномалиялар бөлінеді.

Гравитациялық аномалиялар деп жер қыртысының жеке бір бөлікшелеріндегі қоршаған орта үшін қалыпты мәндерімен салыстырғанда ауырлық күші үдеуінің жоғары мәндерімен немесе ауырлық күші потенциалының екінші туындыларының жоғары мәндерімен сипатталатын аномалияларды айтамыз. Гравитациялық аномалиялар таужыныстардың және кендердің тығыздықтарының әртүрлілігімен шартталады және милигалда өлшенеді. Гравитациялық аномалиялар темір рудаларының үстінде, сульфидті кендер және хромитті кендер шоғырларының үстінде жоғары тығыздықпен сипатталып туындайды.

Электрлік аномалиялардың мәні таужыныстар және пайдалы қазбалардың жатындары әртүрлі электрлік қасиеттермен (меншікті электрлік кедергі, диэлектрлік өткізгіштік және электрхимиялық ерекшеліктер) сипатталады. Таужыныстардың және кендердің электрлік қасиеттерінің арасындағы айырмашылықтар олардың құрамымен, құрылымымен, бітімімен және орналасу жағдайымен шартталады.

Геоморфологиялық белгілерге микробедердің кен денелермен және кен маңайындағы өзгерістермен байланысты оң және теріс элементтері жатады. Микробедердің оң пішіндері кен денелері және кен маңындағы өзгерулер морылуға қарсы жоғары тұрақтылығын иемденген кезде және морылуға қарсылық көрсетуі төмендеу таужыныстар арасында орналасқан кезде пайда болады. Кенді ашылымдардың осындай пішіндері бедерлерде биіктігі бірнеше метрге жететін жал, шоқы және қабырға тәрізді пішіндермен бөлінетін қалың кварцты және пегматитті желілерге тән болып келеді. Қазақстанның туынды кварциттері далалық жазықтар үстінде ондаған метрлерге биіктеген жартасты шоқыларды құрайды.

Бедердің теріс пішіндері шұңқырлармен, жыралармен (жылғалармен) және атыздармен сипатталады. Олар морылуға төзімді таужыныстар арасында орналасқан тез морылатын кен денелеріне және карстармен генетикалық байланысты кенорындарға тән. Сонымен қатар бедердің теріс пішіндері оңай шаймаланатын сульфидті жатындарға, карстармен байланысты бокситті кенорындарға, Оралдың силикатты-никельді кенорындарына тән болып келеді.

4. ЖЕР ҚЫРТЫСЫНДАҒЫ ЭЛЕМЕНТТЕР МИГРАЦИЯСЫНЫҢ ЖАЛПЫ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ

Табиғаттың барлық заттары және оларды құрайтын химиялық элементтердің атомдары әртүрлі геохимиялық және космохимиялық процестердің нәтижесінде тоқтамайтын және заңды қозғалыста, орын ауыстыруда, қайта топталуда және қайта бөліну күйінде болады.

«Химиялық элементтердің миграциясы» терминін 1923 жылы геохимияға А. Е. Ферсман енгізген. Бұл түсінікті ол, Жер қыртысындағы шашырауға және концентрацияға алып келетін химиялық элементтердің орын ауыстыруын анықтайтын процестер кешені деп түсінді.

Жер қыртысындағы элементтердің бөлінуі және орын ауыстыруы көбінесе олардың құрылысының ерекшеліктерімен, анықтаудың түрлерімен, сонымен қатар қарастырылып отырған элементтерді (олардың қосылыстары) құрайтын сыртқы жағдайлардың кешенімен анықталады. Пайдалы қазба кенорындарын геохимиялық әдіспен іздеу кезінде осы факторларды ескеру арқылы қарастырылып отырған элементтер миграциясының даму тарихы мен жолдарын біршама дәл анықтауға мүмкіндік береді және іздеу жұмыстарының тиімділігін арттырады.

А. Е. Ферсман элементтердің миграция құбылысын, геохимиялық реакциялардың және геохимиялық кешендердің әр түрлілігін және көп түрлілігін анықтайтын табиғаттың маңызды құбылысы деп айтқан. Геохимиялық миграция түсінігін нақтылай отырып, ол кларк схемасында нақты бір геохимиялық жүйеде химиялық элементтердің таралуын *орташа мөлшер* деп қараған, осының нәтижесіндегі кез келген ауытқулар миграция жолымен жүзеге асырылады деп айтқан.

Жер қыртысындағы кез келген элементтің миграциялық жағдайының қалпын А. Е. Ферсман бойынша келесідей схемамен көрсетуге болады: *Дисперстік жағдай* (шашырау жағдайы) – *орташа мөлшері* (осы жүйенің кларкы) – *концентрация* (салыстырмалы концентрация) – *өнеркәсіптік концентрация* (кенорынның жаралуы).

Химиялық элементтердің миграциясы геохимиялық процестердің мазмұнын құрайды және кеңістікте атомдардың

орын ауыстыруына, олардың сандық қатынастарының өзгеруіне әкеледі.

Химиялық элементтердің миграциясы біршама қозғалмалы жүйелерде сұйық күйінде (магмалық балқымалар және ерітінділер және т.б.), газ тәрізді фаза түрінде (атмосфера газдары, жанартаулық газдар, радиоактивті газдар және т.б.), сирек қатты минералды массаларда (таужыныстардағы атомдардың диффузиясы құбылысы және т.б.) жүзеге асады. Көптеген элементтердің миграциясы организмдердің және адамның тіршілігіне септігін тигізеді.

Жер жағдайындағы химиялық элементтердің миграциясы *атомдық* (инертті газдар, булар, сынап булары және т.б.), *иондық* (ерітінділер, балқымалар және коллоидты жүйелер), *молекулярлық* (ерітінділер, силикатты балқымалар) немесе *коллоидтық*, сонымен қатар *дисперсті* (таужыныстардың және минералдардың сынықтары) қалыпта жүзеге асады.

Химиялық элементтер миграциялық қабілеттілігіне байланысты, яғни геохимиялық процестерде орын ауыстыруының қарқындылығы бойынша өзара бөлінеді. Сонымен қатар, элементтердің миграциялық қабілеттілігі миграция ортасының термодинамикалық жағдайына байланысты өзгеріп отырады.

Белсенді мигранттардың қатарына жер қыртысының белгілі бір шегінде орын алатын термодинамикалық жағдайлардың кең ауқымында оңай миграцияланатын химиялық элементтерді жатқызуға болады.

Осы элементтердің атомдары магмалық балқымаларда да, ерітінділерде де, сонымен қатар гипергенез белдемінің ерітінділерінде де оңай орын ауыстыра алады. Мысалы белсенді миграцияланатын элементтерге галогендер, сілтілі металдар және т.б. жатады. Белсенді емес мигранттар (мысалы платина тобының элементтері) тек қана термодинамикалық жағдайлардың тар ауқымында (магмалық балқымалар) протокристаллизация сатысы - базальтты магманың оливинді таужыныстар жаралу кезіндегі дифференциациясы (перидотиттер, дуниттер, пироксениттер, габбро, нориттер) кезінде миграцияланады. Жер қыртысының көптеген элементтері белсенді мигранттар болып келеді.

4.1-кесте

Элементтердің гипергендік миграцияға қабілеттілігі бойынша геохимиялық жіктемесі (А. И. Перельман бойынша)

Әуе мигранттары	
Белсенді	Белсенсіз
(химиялық қосылыстар туғызады) O, H, C, N, J	(химиялық қосылыстар туғызбайды) Ar, He, Ne, Kr, Xe, Rn
Сулы мигранттар Аса қозғалмалы	
Ca, Na, Mg, Sr, Ra	Cl, Br, F, B
Әлсіз қозғалмалы	
K, Ba, Rb, Li, Be, Cs, Ti	Si, P, Ge, Sn, Sb, As
Тотығу жағдайындағы қышқыл суларда жақсы миграцияланады Zn, Cu, Ni, Pb, Cd	
Тотығу жағдайындағы қышқыл және сілтілі суларда жақсы миграцияланады Hg, Ag, Bi	
Тотығу жағдайындағы қозғалмалы және әлсіз қозғалмалы және тотықсыздану жағдайында инертті, күкіртсутекті және глейлі тосқауылдарда тұнады	
	V, Mo, Se, U, Re
Тотықсызданған глейлі ортада қозғалмалы және әлсіз қозғалмалы және күкіртсутекті тотығу және тотықсыздану ортасында инертті, оттекті және күкіртсутекті тосқауылдарда тұнады	
Fe, Mn, Co	
Көп жағдайда аз қозғалатындар	
Органикалық кешендермен әлсіз миграцияланады, аса қышқыл ортада ішінара миграцияланады	Органикалық кешендермен әлсіз миграцияланады, сілтілі ортада ішінара миграцияланады
Al, Ti, Cr, Ce, Nd, Y, La, Ca, Th, Sc, Sm, Cd, Dy, Tb, Er, Ho, Eu, Lu, Yb, In, Bi	Zn, Nb, Ta, W, Hf, Te
Химиялық қосылыстарды туғызбайды, табиғи жағдай тән	
Os, Pd, Ru, Pt, Au, Rh, Zr	

Жер қыртысының жергілікті бөлікшелерінің шегінде химиялық элементтердің концентрациясы біршама қысқа қашықтықта миграциялардың сыртқы жағдайының өзгеруіне байланысты болады. Мұндай миграцияның қарқындылығы азаятын жергілікті бөлікшелерді А. И. Перельман *геохимиялық тосқауылдар* деп атауды ұсынды.

Элементтер миграциясының гипергенді белдеміндегі геохимиялық тосқауылдар жақсы және толық зерттелген. Олар өз кезегінде физика-химиялық, биохимиялық және механикалық болып бөлінеді.

Гипогенді (тереңдік) миграция кезінде термодинамикалық, тотығу-тотықсыздану және сілтілі-қышқылды тосқауылдар негізгі рөлді атқарады.

Мысалы, көптеген гидротермалды процестің теориясында кендердің жаралуы термодинамикалық тосқауылдармен байланысты болып келеді. Д. И. Коржинский және оның ғылыми бағытын жалғастырушылар метасоматиттердің және кендердің жаралуында сілтілі-қышқылды тосқауылдарға көп көңіл бөледі. Сульфидті кендердің жаралуы күкіртсутекті (тотықсыздану) тосқауылдармен байланысты болады.

Элементтердің миграциясы кезінде гипогенді және гипергенді миграция белдемдерінде минералдардың тұрақтылығы негізгі рөлді атқарады.

Гипергенез белдемінің әртүрлі жағдайындағы химиялық элементтер миграциясы қарқындылығының жалпылама сандық сипаттамасын алу үшін А. И. Перельман *сулы миграцияның коэффициентін* пайдалануды ұсынды.

$$K_x = C_x^0 \cdot 100 / (mC_x)$$

мұндағы:

C_x^0 – судағы элементтердің мөлшері (мг/л)

C_x – таужыныстардағы элементтердің мөлшері (%)

m – судың минералды қалдығы (мг/л)

K_x анықталған мәндері бойынша әртүрлі жағдайда элементтер миграциясының қатарын орнатуға болады. Бір элементтің әртүрлі жағдайда миграциясы қарқындылығының

эртүрлі болуы миграцияның қарама-қарсылығы (K_K) деп аталатын коэффициентпен сипатталады, K_K эртүрлі жағдайдағы элементтің сулы миграциясы коэффициенттерінің қатынасынан тұрады.

Миграцияның қарама-қарсылық коэффициенті (K_K) геохимиялық тосқауылдарда, яғни эртүрлі миграция шарттары бар екі ортаның шекарасында өтетін процестерді сандық түрде сипаттауға мүмкіндік береді.

Элементтердің миграциялық қабілеттілігі түсінігін олардың нақты минерал жаралу процесі көлемінде геохимиялық қозғалысын бағалауға қолдануға болады. Яғни элементтердің миграциясын тек сапалық жағынан қарамау керек (активті немесе активті емес), сонымен қатар сандық, яғни қанша элемент бірлік уақыт аралығында қозғалмалы күйге ауысу жағынан да қарау керек. Осы сан тек қана элементтің ішкі қасиеттеріне байланысты болмайды, сол геохимиялық жүйеде болатын сол элемент атомының жалпы санына байланысты болады.

Мысалы, Na және Li миграциялық қабілеттілігі бірдей болса, басқа да ұқсас жағдайларда Na Li-ге қарағанда қозғалмалы күйге өте көп өтеді, себебі Na мөлшері таужыныстарында Li-ге қарағанда көп болып келеді.

Химиялық элементтердің миграциясы көптеген факторлар нәтижесінде туындайды, бірақ оларды екі топқа бөлуге болады: 1) ішкі – химиялық элементтердің және оның қосылыстары атомдарының қасиеттерімен байланысты, 2) сыртқы – миграция жағдайының термодинамикалық шарттары.

Сонымен, геохимиялық миграция процесінің себебі – бұл жер қыртысында жүзеге асатын миграцияның ішкі және сыртқы – макропланетарлық және космостық факторлар арасындағы қарама-қайшылық деп түсінуге болады.

4.1. Элементтерді анықтаудың түрлері

Жер қыртысындағы элементтер тұрақты химиялық тепе-теңдік жүйесін құрайды. Осындай жүйелердің тобы химиялық элементтерді анықтаудың түрлері деген атқа ие болды. Әр түрлі

калыпта орналасқан элементтердің тәртібін білу, болжау және іздеу жұмыстарының сенімділігін арттыруға септігін тигізеді.

В. И. Вернадский элементтерді анықтаудың негізгі түрлерін төмендегідей топтарға біріктірген:

1) таужыныстары және минералдар (бұл топқа табиғи сулар және газдар кіреді);

2) тірі зат;

3) магмалық балқыма;

4) шашырау.

Е. М. Квятковский минералды, минералсыз, концентрацияланған және шашыраңқы түрлерін бөлу арқылы элементтердің анықтау түрлерін қарастыруды ұсынды.

В. А. Алексеенко (1988) қосылыстарды жеке минералдық түрлерге бөлуді ұсынды. Сонымен қатар іздеу жұмыстарын жүргізгенде Жер қыртысындағы элементтерді анықтаудың төмендегідей тоғыз түрін ескеру қажет.

1) *Жеке минералдық түрлер* (кристалдық және коллоидтық жүйелер – молекулалар және олардың қосылыстары). Химиялық элементтерді анықтаудың бұл түрі литосфераға өте маңызды болып келеді. Элементтер осындай түрде болып, әрдайым өзара тұрақты байланыста миграцияланады. Элементтердің мұндай түріне қатты дисперстік ортасы бар коллоидтық жүйелердің аз ғана мөлшері жатқызылады (кристаллозоидтар және кристаллогелдер). Осыларды құрайтын элементтердің миграциясы тек қана минералды түрде және тек бірге өтеді. Бірақ, элементтердің өзара қатынасы әрбір жеке сынықта әр түрлі болуы мүмкін. Бұл ерекшелік коллоидтық минералдарды изоморфтық қосылыстарға жақындатады.

Қазіргі кезде 2400 жеке минералдық түрлер және 7000 астам түрлері бар. Олар өз кезегінде таралуына байланысты 5 топқа бөлінеді:

а) өте көп таралғандар, саны бойынша таужыныстардың біршама бөлігін қамтиды (дала шпаттары, кварц, слюдалар, кальцит және т.б.);

б) қалыпты таралғандар, саны бойынша таужыныстардың бөлігін сирек қамтиды немесе көптеген таужыныстардың шағын ғана бөлігін қамтиды (апатит, нефелин, лейцит және т.б.);

в) орташа таралғандар, таужыныс құраушы емес, бірақ пайдалы қазба кенорындарының кендерінде көп мөлшерде кездеседі (пирит, халькопирит, галенит, ильменит);

г) сирек таралғандар, кенорындарда аз мөлшерде кездесетіндер (саф алтын, сильвин, витерит, бериллий, тантал, ниобий минералдары және т.б.);

д) өте сирек таралғандар, Жер шарының тек қана 10 немесе одан да аз нүктелерінде анықталған, өте аз мөлшерде кездесетіндер (криолит, германит, рейнерит және т.б.).

2) *Минералдардағы изоморфты қоспалар* ұқсас элементтердің бір-бірімен кристалдық торларында заңды алмасуын көрсетеді. Бұл түрде іс жүзінде барлық элементтер кездеседі, ал олардың кейбіреулеріне (Rb, Te, Pr, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Lu, Hf, Re) ол литосферада басым болып келеді.

Изоморфты қоспаларды туғызатын элементтер тек қана қожайын-минералдармен миграцияланады. Бұл элементтерді анықтаудың минералды және изоморфты түрлерін бір-біріне жақындатады. Элементті құрамы және изоморфты қоспалардың концентрациясы қожайын-минерал жаралған ортаның нақтыланған геохимиялық сипаттамасын алуға мүмкіндік береді. Яғни, изоморфты қоспаларды зерттеу геохимиялық іздеулерді біршама мақсатты жүргізуге мүмкіндік береді.

Минералдардың химиялық құрамының мәліметтерін қарағанда қарапайым бинарлы қосылыстардың құрамы талдау нәтижесі бойынша біршама күрделі екені бұрыннан анықталған. Мысалы: қарапайым құрамды қосынды ZnS (сфалерит) бірқатар элементтердің қосылыстарынан тұруы мүмкін (Zn, Fe, Mn, Cd, Ga, Se, Sn, S, Sc). Сирек табиғи қосылыстар – минералдар екі немесе үш қосылыстардың қоспаларынан тұрады. Мұндай қосындыларды *«аралас кристалдар»* деп атайды. Ал осы *аралас* қосындыларды туғызған құбылысты *изоморфизм* деп атайды.

3) *Биогендік түрі*. Ол жануарларда және өсімдік ағзаларында элементтерді анықтаумен сипатталады. Ең алғаш В. И. Вернадский биосфераны зерттегенде қарастырылған. Жер қыртысында тірі ағзалар құрамының салыстырмалы аз мөлшеріне қарамастан Жер үстіндегі өгіп жатқан геохимиялық процестерді тірі организмдердің әрекетін ескермей нақты сипаттауға болмайды (сонымен қатар, қайта түзілген

геохимиялық ореолдардың пайда болу процесін). Осы мәселені ерекше белгілей отырып, В. И. Вернадский былай деп жазған «...тірі зат биосферада негізгі белсенді рөлді атқарады және қуаттылығымен, қарқындылығымен, уақыттағы бағыттылығы бойынша ешқандай басқа геологиялық күшпен салыстыруға болмайды».

Тірі организмдерде қазір барлық элементтер анықталған. Өсімдіктердегі элементтердің таралуының ерекшеліктері бойынша қомақты материалдар биохимиялық іздеу әдістерімен байланысты жинақталған. Өсімдіктерде олар күрделі органикалық қоспа ретінде кездеседі. Көптеген металдар, табиғи органикалық қышқылдармен әсерлесіп, қосылыстарды туғызады. Бұл қосылыстар соңғы кезде геохимиялық іздеу жұмыстарын жүргізу кезінде ескерілетін болған.

4) *Сулы ерітінділер* – гидросфера деп аталатын Жердің жеке қабығын құрайды. Сулы ерітінділердің негізгі бөлігі дүниежүзілік мұхиттың еншісіне тиеді, ал аз ғана бөлігі – континенттердің жерүсті және жерасты суларына тиеді. Оларға әртүрлі жағдайда пайда болған гидротермалар жатады. Геохимиялық іздеулер кезінде негізгінен элементтер ион, молекула, органикалық және кешенді қосылыстар ретінде кездесетін жерасты және сирек жерүсті суларға көңіл бөлінеді. Элементтердің негізгі бөлігі, ерітінділердегі диссоциация процесінің нәтижесінде аниондармен және катиондармен көрсетілген. Аниондар (теріс зарядты ион) негізінен кешенді, ал катиондар (оң зарядты ион) судың молекулаларымен байланысты болады. Иондардың бөлінуі судағы ионды, металлды және ковалентті байланыстағы заттардың еруімен анықталады.

5) *Газды қоспалар* – Жердің сыртқы қабығы атмосфераны құрайды. Газдардың көп бөлігі минералдардағы қосылыстар түрінде шөгінді және магмалық таужыныстардың кеуектерімен қуыстарында сіңірілген қалпында кездеседі. Газдар гипергенді және гипогенді геохимиялық процестерде белсенді қатысады.

6) *Коллоидты және сорбцияланған түрлері*. Жердің сыртқы қабықтарында кеңінен тараған. Оның жеке бөлікшелері ауқымында элементтерді анықтаудың осы түрлері химиялық

элементтер таралуының көптеген заңдылықтарын анықтайды. Осы заңдылықтарды бақылау пайдалы қазба кенорындарын геохимиялық әдіспен іздеу кезінде қажет болады. Осыған байланысты В. А. Алексеенко (1989) коллоидтарды және олармен сорбцияланатын заттарды геохимиялық іздеу кезінде химиялық элементтерді табиғатта анықтаудың жеке түрі ретінде қарастыруды ұсынды.

Коллоидтар мұхиттық және континенттік суларда, атмосферада және құрлықта кеңінен тараған. Осы орайда А. И. Перельман 1975 жылы былай деп жазған: «өзінің кейпін білдіретін ландшафтың өте маңызды бөліктері, немесе коллоидты күйде болады, немесе өзінің жаралу процесінде коллоидты күйден өткен болып келеді».

Табиғатта коллоидтардың түзілуі екі негізгі әдіспен жүзеге асырылады: 1) *дисперсиялық* (кристалдық заттың бұзылуы кезінде); 2) *конденсациялық* (молекулалық бөлікшелердің коллоидтық мөлшерге дейін қосылуы кезінде).

Дисперсиялықтың өте жоғары дәрежесінде және дисперсиялық фазаның үлкен шамасы кезінде коллоидты жүйелер бос энергияның үлкен қорына ие болады. Оның өз еркімен төмендеуі сорбцияға ұшыратады.

7) Өзінің табиғи аналогы болмайтын *техногендік қосылыстар*. Соңғы кезде көптеген әртүрлі аймақтарда, көбінесе, топырақтарда, су түбіндегі шөгінділерде және суларда кездесіп кеңінен қолданыс табуда. Негізінен олар белсенді игерілетін аудандарда кездеседі, оларға бірінші кезекте, әртүрлі ауылшарушылықта пайдаланатын жерлердің және ірі өнеркәсіптік комбинаттардың қасындағы бөлікшелерді жатқызуға болады. Элементтерді анықтаудың бұл түрі әртүрлі жасанды полимерлерді, пластмассаларды, металл қорытпаларын, пестицидтерді, гербицидтерді, жерүсті-активті заттарды және т.б. кіріктіреді. Бұған тағы да табиғатта кездесетін (және табиғи күйдегі элементтер), бірақ өздері табылған жерде нақты жағдайларда табиғи жолмен жаралмаған қосылыстарды жатқызуға болады.

8) *Магмалық балқымалар*. Бұл түгелдей, өзгергішті, газбен қаныққан жүйелер. Бұлардағы элементтердің жағдайы осы

уақытқа дейін проблемалық болып келеді. Магмалық балқымалардың Жер қыртысындағы элементтерді бөлу, қайта бөлу рөлі өте үлкен және сондықтан олардың элементтерінің жағдайы туралы гипотезалар қызығушылық туғызады. Ең бірінші магма туралы түсінік оксидтерден тұратын балқыма ретінде болған, бірақ 1935 жылы Ф. Ю. Левинсон-Лессинг магмада «болашақ минералдарға сәйкес кешендер» жатыр деп жазған. Н. В. Беловтың және Л. Н. Овчинниковтың жұмыстарында бұл жағдай тиянақты өңделген және толықтырылған. Қазір, магмада кешендердің екі негізгі түрі бар деп есептеледі: октаэдрлік топтар (оның ішінде $[MgO_6]$ және $[CaO_6]$ көп кездеседі) және тетраэдрлік топтар (оның ішінде $[SiO_4]$ және $[AlO_4]$ көп кездеседі). Бұлардан басқа қозғалмалы бос катиондар, еріген металдардың атомдары, FeS және Fe_2O_4 типті қосындылар кездеседі деп есептеледі.

9) *Шашырау күйі.* Ең алғаш 1909 жылы элементтердің шашыраңқы күйін В. И. Вернадский сипаттаған. Бұл Жер қыртысындағы элементтерді анықтаудың ерекше бір түрін көрсетеді және атомдардың кристалдық торларының бос кеңістігіндегі орналасуымен байланысты болып келеді. Атмосфераның төтенше жағдайда шашырауына жақсы септігін тигізеді: басқа газдардың қосылыстарына түскен газ толығымен сол жерде еріп кетеді. Элементтердің шашырау жағдайындағы мөлшері $10^{-12} - 10^{-15} \%$ дейін жетеді, ал шашыраудың шегі деп 1 см^3 затта 1 атомның болуын айтады. Көптеген элементтерге бұл жағдай дағдылы болып келеді. Олардың қатарына йод, ксенон, радон жатады.

Элементтердің Жер қыртысындағы орналасу түрін қарастырғанда, табиғатта нейтралды атомдар емес, иондар жиі кездесетінін ұмытпау қажет. Геохимиялық процестерге қатысатын иондардың саны элементтердің санынан көп болады және саны 150-ге дейін жетеді. Ал әрбір ион, В. И. Вернадский бойынша миграция процесі кезінде «ерекше химиялық элемент» ретінде қарастырылуы керек.

4.2. Элементтер миграциясының типтері

Элементтердің Жер қыртысында орын ауыстыруын жылыстауын олардың анықталған түрлерімен байланыстыра отырып, миграцияның негізгі 3 типін бөлуге болады.

Миграцияның бірінші типі элементтердің орын ауыстыруынсыз олардың анықтау түрінің өзгеруін көрсетеді. Мысалы: элементтің минералды түрден сулы ерітінділерге ауысуы. Бұл типті сипаттау үшін элементтің бір түрден екінші түрге ауысу коэффициентін пайдалануға болады. Ең алғаш бұл коэффициенті Б. Б. Польшов биогенді түрлер үшін енгізген болатын: $K_b = P/\Pi$, бұл жерде **K** – биологиялық жұтылудың коэффициенті; **P** - өсімдік белдеміндегі элементтің мөлшері; **Π** – сол элементтің сол өсімдік өскен топырақтағы мөлшері.

Миграцияның екінші типі – элементтердің анықтау түрінің өзгеруінсіз орын ауыстыруы. Мұндай типтің мысалы ретінде минерал сынықтарының жерүсті суларында қозғалуы немесе ерітіндіде орналасқан элементтердің жерүсті және жерасты суларының қозғалуы кезінде орын ауыстыруы жатады.

Миграцияның үшінші типі алғашқы екі типті біріктіреді және элементтердің анықтау түрін өзгертуімен бірге орын ауыстыруынан тұрады. Мысалы: кенорындардағы минералдарды ерітетін элементтердің жерасты суларында қозғалуы; борпылдақ шөгінділердің қалыңдығы үлкен болғанда минералды түрден биогенді түрге ауысуы.

Қарастырылған элементтерді анықтаудың түрлері тек қана салыстырмалы тұрақты жүйелер болып келеді. Жер қыртысындағы элементтердің көп бөлігі элементтердің миграциясын көрсететін жиі қозғалыс күйінде болады деп есептеуге болады.

4.3. Элементтердің геохимиялық жіктемесі

Геохимиялық жіктемелер химиялық элементтердің әртүрлі табиғи процестерде қатынасу тәртібінің ерекшеліктерін қамтып көрсетеді және олардың қасиеттерімен және Д. И. Менделеевтің периодтық кестесіндегі жағдайымен анықталады. Жалпы

көпшілік мақұлдаған В. И. Вернадскийдің және В. М. Гольдшмидтің жіктемелері бар.

В. И. Вернадскийдің жіктемесі химиялық элементтердің әртүрлі табиғи процестерге, атап айтқанда биосферада циклдік процестерге қатысу мүмкіндігіне негізделген. Барлық элементтер алты топқа бөлінген (4.1-кесте).

1. Асыл (инертті) газдар, жердің басты химиялық процестеріне қатыспайды және ерекше жағдайларда ғана басқа атомдармен қоспа береді.

2. Асыл металдар. Бұл элементтер жер қыртысында қосылыстарды құрмайды, ал олардың қосылыстары, ең алдымен қорытпалары, биосфералық жағдайдан шұғыл ерекшеленетін термодинамикалық жағдайда жаралады.

3. Циклдік немесе органогенді элементтер. Бұл элементтерге көптеген қайтымды химиялық процестер тән - әрбір элемент нақты геосфераға тән үнемі өзгеретін қосылыстарды береді.

4. Шашыранды элементтер. Осы топтың элементтері арасында бос атомдар және циклдік элементтердің азғантай бөлігі (бұл элементтер химиялық қосылыстардың жоқтығымен немесе сиректігімен ерекшеленеді) басым болып келеді.

5. Өте радиоактивті элементтер. Оларға айналмалы процестерде толық емес айналымдар тән, себебі олардың атомдарының бір бөлігі радиоактивті ыдырау нәтижесінде жоғалады.

6. Сирек жерлі элементтер.

В. М. Гольдшмидтің жіктемесі табиғи қосылыстардың әртүрлі типтеріндегі элементтер таралуының физика-химиялық принциптеріне негізделген. Металдық темірмен, темірдің сульфидімен, силикаттармен және оксидтермен көрініс берген метеориттердің минералды ассоциацияларындағы элементтердің таралуы үлгі-нұсқа болып келеді (4.2-кесте).

Бірінші топты *сидерофильді элементтер* құрайды. Бұл элементтерде оксидтер және сульфидтер жаралуының бос энергиясы (абсолютті шама бойынша) темірдің сульфиді және шала тотығының жаралу энергиясынан аз болып келеді.

Элементтер метеориттердің металдық фазасында жинақталады, Жердің жорамалды темірлі ядросында жинақталуы мүмкін.

Екінші топ *литофильді элементтер* темірге қарағанда оксидтер жаралуының бос энергияларының үлкен шамасымен ерекшеленеді. Бұл элементтер оксидтерді, оттекті тұздарды, және ең бастысы силикаттарды түзіп метеориттердің силикатты фазасында, Жердің мантиясы мен қыртысында концентрацияланады.

Үшінші *халькофильді элементтер* тобына металдық темірдің артылуының қатынасуымен метеориттердің сульфидті фазасында концентрацияланатын элементтер жатады.

Жердің мантиясы және қыртысы жағдайында металдық темірдің артылуы болмайтын кезде сульфидтер мен силикаттар арасында элементтердің бөлінуі басқаша болады. Осының негізінде сульфидті рудаларда концентрациялану үрдісіне ие халькофильді элементтердің екі әртүрлі топшалары бөлінеді. Басқа элементтердің таралуы қарастырылатын темір бұл жерде қада белгі (репер) элемент болып келеді, және осы топтардың ешқайсысына жатпайды (немесе барлық топтарға жатады).

Төртінші топ ретінде *атмофильді элементтер* бөлінеді. Олар бос күйінде немесе ұшпалы қосылыстар түрінде Жердің газды қабығында концентрацияланады.

Бесінші топқа *биофильді элементтер* біріктірілген. Олар не тірі ағзаларда, не олардың тіршілік әрекетінің өнімдерінде концентрацияланады.

4.1-кесте

Элементтердің В. И. Вернадский бойынша геохимиялық жіктемесі

Топ нөмірі және атауы	Элемент	Топтағы элемент саны	Топтағы элементтердің салыстырмалы мөлшері, %
I. Асыл (инертті) газдар	He, Ne, Ar, Kr, Xe	5	5,4
II. Асыл металдар	Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Au	7	7,61

4.1-кестенің жалғасы

Топ нөмірі және атауы	Элемент	Топтағы элемент саны	Топтағы элементтердің салыстырмалы мөлшері, %
III. Циклдік немесе органогенді элементтер	H, Be, B, C, N, O, F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ge(?), As, Se, Sr, Zr(?), Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Ba	44	47,8
IV. Шашыранды элементтер	Hf, W, Re, Hg, Tl, Pb, Bi, Li, Sc, Ga, Br, Rb, Y, Nb, In, I, Cs, Ta	11	12
V. Өте радиоактивті элементтер	Po, Rn, Ra, Ac, Th, U	7	7,6
VI. Сирек жерлі элементтер	La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu	15	16,3

4.2-кесте

Элементтердің В. М. Гольдшмидт бойынша геохимиялық жіктемесі.

Топ	Элемент
Сидерофильді	Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, (Cu)*, Au, Re, (Mo), (W), N, P, (As), C, Ge, Sn, (Ga), (Hg)
Метеориттердегі халькофильді	Fe, S, Se, Te, (P), As, Sb, Bi, Zn, Cd, Cu, Ag, (Mn), (Cr), (V), (Ti), (Ca), (Mg), (Na), (K)
Жер қыртысындағы халькофильді	Fe, S, Se, Te, As, Sb, Bi, (Ge), (Sn), Pb, Ga, In, Tl, Zn, Cd, Hg, Cu, Ag, (Mn), Mo

4.2-кестенің жалғасы

Топ	Элемент
Литофильді	Fe, O, (P), (C), (H), F, Cl, Br, J, Li, Na, K, Rb, Cs, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, B, Al, Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Th, U, Si, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, W, Mn, (Ga), (Sn)
Атмофильді	H, C, O, Cl, Br, J, He, Ne, Ar, Kr, Xe
Биофильді	C, H, O, N, P, S, Cl, Br, J, B, Na, K, Mg, Ca, V, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Mo
*Ескерту: Жақша ішінде аралық қасиеттері бар элементтер көрсетілген. Оларға сидерофильді, халькофильді немесе литофильді қасиеттердің білінуі екінші кезекті болады, бірақ геохимиялық маңызды сипатта болады.	

4.4. Элементтердің геохимиялық ассоциациялары

В. И. Вернадскийдің шашырау күйі заңына сәйкес кез келген табиғи нысанда барлық химиялық элементтер кездеседі. Бірақ, көбінесе жер қыртысының жеке бөлікшелерінде түбірлік таужыныстарда, топырақта, суларда, атмосферада бірқатар элементтер бірге жинақталады. Осындай жағдайда әдетте *«жоғары концентрацияларда болатын, элементтер ассоциациясы»* туралы немесе *«элементтер ассоциациясы»* туралы айтады.

Элементтердің бірге жинақталуы ішкі және сыртқы факторларға шартталған миграция жағдайларының ортақтығымен түсіндіріледі. Элементтердің концентрациясына ұқсас ішкі факторлар шешуші әсер ететін жағдайларда, жоғары концентрациядағы элементтер ассоциациялары әртүрлі геологиялық және ландшафты-геохимиялық жағдайлардың кең диапазонында (ауқымында) сақталады.

Сонымен, келесі ассоциациялар тұрақты: U—Pb—He, Th—Pb—He, K—Ar, олардың жаралуы радиоактивті ыдыраумен байланысты болып келеді. Егер элементтер ассоциацияларының жаралуына сыртқы факторлар негізгі ықпал жасаса, элементтердің бірге болуы нақты жағдайлардың кешенімен

шектеледі. Au—Cu—As—Pb—Zn—Fe ассоциациясы тек қана алтынсульфидті кендерге тән, олардың морылуы нәтижесінде жаңа ассоциациялар пайда болуы мүмкін: Au—As—Fe, Си—As—Zn—Au—Fe және т.б.

Техногенді геохимиялық аномалияларға өзіндік химиялық элементтердің ассоциациясы тән. Оларды толық жете зерттеу арқылы В.А. Алексеенко келесі заңды тұжырымдады: «ірі техногенді геохимиялық аномалияларды құрайтын химиялық элементтердің ассоциациясы, негізінен ластану кезіндегі ғылым мен техниканың даму деңгейімен анықталады».

Өйткені химиялық элементтердің ассоциациясын табиғи аномалияларды техногенді аномалиялардан ажырата алатын белгілердің бірі ретінде қолдануға болады. Техногенді аномалиялардағы химиялық элементтердің ассоциациясын қарастырайық. Негізінен, қазіргі таңда құрылған аномалияларда олар келесідей болады: Pb, Zn, Cu, Mo, Ni, V, Co, Ba, Mn, Ti, Cr, Fe. Техногенді аномалияларда бұл элементтерді (олардың қосылыстарын) жиі ластаушы заттар деп атайды.

Геохимиялық зерттеулер кезінде неғұрлым жиі минералдарды құрайтын, демек магмалық, метаморфтық және шөгінді таужыныстарды құрайтын, әртүрлі типті кенорындардың гипергенді жаралуларын және шашырау ореолдарын құрайтын элементтер ассоциациясымен кездесуге тура келеді.

Таужыныстардағы элементтердің бірлескен концентрациясы В. И. Вернадскийдің, В. М. Гольдшmidtтің, А. Е. Ферсманның, А. И. Заварицкийдің геохимиялық жіктемелерінде көрсетілген. Нақты бір ассоциацияның кейбір элементтерінің сәйкес ландшафты-геологиялық және геологиялық жағдайда кездесуі басқа да элементтердің бәлкім бар болуын дәлелдейді.

Геохимиялық іздеулердің қазіргі деңгейі қожайын-минералдарда жоғары мөлшерлерде кездесетін қоспа-элементтерді және олардың ассоциациясын білуді қажет етеді. Қоспа-элементтердің бір бөлігінің жаралуы изоморфты орын басу заңымен түсіндіріледі. Минералдардағы механикалық қоспа ретінде болатын қоспа-элементтердің екінші бөлігінің жаралуын миграциялық қабілеттілігі бойынша толық бөлінбеуімен түсіндіруге болады.

А. А. Сауков (1966) былай деп жазады: «*кез келген минерал, минералдың негізін құраушы атомдардың концентрациясы болып, алғашқы түбірлі таужыныстарда – магмалық балқымаларда, флюидтерде немесе ерітінділерде болған басқа да атомдарды құрайды*».

Рудалы кенорындарды іздеу кезінде гидрогеохимиялық әдістерді қолдану әртүрлі типті кенорындардың шегіндегі сулардың құрамында жоғары мөлшерлерде кездесетін элементтер ассоциациясын білуді ұйғарады.

Барлық типтердің кенорындарында “өткінші” металдар болып келетін, жоғары мөлшерлерде Cu, Zn, Mo кездеседі. Олардың мөлшерлері кенденудің бар екенін көрсетпейді, тек қана, осы элементтердің қомақты концентрациясы іздеу маңызына ие болады. Қарастырылып жатқан элементтер ассоциациялары арасында қомақты бөлігі тура индикаторлармен сипатталады. Бірақ, жиі «іздеудің маңыздылығына» сол ассоциацияларда болатын жанама индикатор-элементтер ие болады. Сонымен, полиметалды кенденудің ең жақсы гидрогеохимиялық индикаторына кадмий жатады. Zn, Ni, Co, Cr, V, Ga және Cu жоғары концентрациялары бойынша кимберлитті түтікшелерді гидрогеохимиялық іздеулермен жүргізуге болады.

Биохимиялық процестермен туындаған элементтер ассоциациясы ерекше орынға ие болып келеді. Олардың жаралуы, бір жағынан тірі материяның физиологиялық қажеттіліктерімен, ал екінші жағынан – қоршаған (және қоректенетін) ортаның химиялық құрамымен шартталады. Қоршаған ортаның құрамы (түбірлік таужыныстардың және топырақтардың) өзгерген сайын өсімдіктердегі металдардың да құрамы өзгереді. Әсіресе шұғыл өзгерістер кенорындар үстінде жүзеге асады. Көптеген зерттеушілердің жұмыстары әртүрлі кенорындар үстіндегі өсімдіктер күліндегі жоғары мөлшерлерде кездесетін негізгі элементтердің өздеріне тән ассоциацияларын алдын ала бөлуге мүмкіндік берген.

5. ЖЕР ҚЫРТЫСЫНДАҒЫ ХИМИЯЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕР МИГРАЦИЯСЫНЫҢ ІШКІ ЖӘНЕ СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРЫ

5.1. Жер қыртысындағы химиялық элементтер миграциясының ішкі факторлары

Химиялық элементтер миграциясының негізгі ішкі факторларына төмендегілер жатады: 1) иондардың электрстатикалық (кристалды) қасиеттері 2) байланыс қасиеті; 3) химиялық қасиеті; 4) атомдардың гравитациялық қасиеті; 5) атомдардың радиоактивті қасиеті.

1) *Иондардың электрстатикалық (кристалды) қасиеттері.* Осы факторлар тобын химиялық элементтердің бос иондар түрінде миграциясы кезінде ескеру қажет. Осындай миграция элементтерді анықтаудың әртүрлі түрлеріне тән болады және сулы ерітінділерге, магмалық балқымаларға, газды қоспаларға және тірі заттарға типті болып келеді. Қарастырылып отырған факторлар тобы көбінесе ионды радиустардың өлшемдерімен анықталғандықтан, оны дәл емес физика-химиялық тұрақты шамаға емес тиісінше жартылай сандық көрсеткіштерге жатқызу керек.

2) *Байланыс қасиеттері (термикалық қасиеттер)* - элементтің немесе қосылыстың атомдарды, иондарды немесе молекулаларды ажыратуға бағытталған күштерге қарсы тұруымен сипатталады. Бұл күштерге механикалық және жылулық күштер жатады (механикалық – бұл қашықтау күші, жылулық – атомдарды қозғалмалы күйге алып келетін жылулық энергияның мөлшері).

Атомдардың немесе қосылыстардың бір агрегатты күйден екінші агрегатты күйге ауысуымен байланысты ажыратушы күштердің әсерінен байланыс қасиеттері қайнау температурасымен (ұшпалылықпен) және химиялық элементтердің және қосылыстардың балқуымен анықталады.

Қайнау температурасымен байланысты элементтердің ұшпалылығы, сонымен қатар олардың жоғары миграциялық қозғалысы мына реттілік бойынша төмендейді: ұшпалы газдар

(He, Ar, N, O), қозғалмалы металоидтар (F, Cl, Br, J, S), металдар (Hg), сілтілі және сілтіліжерлі металдар (Li, Rb, Cs, K, Na, Ca, Mg), жәй металдар (Fe, Ni, Co, Cu) және қиын ұшпалы элементтер (Pt тобы, C, W, Na, Mo, Hf, V, Zr).

Жер қыртысында өтетін миграция процесі кезінде ұшпалылық қайнау температурасы 60°C аспайтын элементтердің геохимиялық тарихында маңызды рөлді атқарады. Қайнау температурасы 400°C төмен болатын элементтерде ұшпалылық геохимиялық процестердегі миграцияның негізгі факторы болып келеді.

Ұшпалылыққа ұқсас жер қыртысындағы магмалық балқымалар жағдайындағы химиялық элементтердің миграциясы үшін қосылыстардың (қышқылдар, силикаттар және галоидты қосылыстар) балку температурасы негізгі рөлді атқарады.

Қыртысішті магмалық температуралардың интервалы $700\text{-}1300^{\circ}\text{C}$. Осы температуралық интервал жер қыртысы жағдайындағы элементтердің және оның қосылыстарының термикалық қасиеттері туындайтын облыс ретінде қарастырылады.

3) *Химиялық қасиеттері.* Табиғатта өте жоғары температура кезінде барлық қосылыстар диссоциацияланған (диссоциация – молекулалардың ұсақ құрамдарға бөлініп ыдырауы) күйде болады және осы жағдайда атомдар мен иондардың табиғатымен байланысты факторлар пайда болады. Органың температурасы төмендегенде миграция процесі кезінде молекулалар басты маңызға ие болады. Кейбір элементтердің миграция мінезі мен дәрежесі осы жағдайдағы қосылыстардың миграциялық қасиетіне байланысты болады.

Элементтердің және олардың қосылыстарының химиялық қасиеттері жер қыртысындағы таужыныстардың магмадан кейінгі эволюция сатысындағы элементтердің геохимиялық миграциясының басты факторы болып келеді.

Миграция процесіндегі элементтердің химиялық қасиеттерінің рөлі келесі негізгі қағидалармен сипатталады:

1. Миграция дәрежесі және жолы нақты жағдайдағы элементтердің негізгі қосылыстарының тұрақтылығына байланысты болады. Яғни, кез келген термодинамикалық және химиялық жағдайдағы элементтердің миграциясы оның негізгі қосылыстарының тұрақтылығымен анықталады:

а) мысалы, магманың жоғары температурасы жағдайында миграцияға қабілеттілігі сол элементтен туындайтын сол жағдайдағы қатты фазаға түсетін балқу және қайнаудың ең жоғарғы нүктесі бар қиын балқитын қосылыстардың жаралу мүмкіндігіне байланысты болады;

б) сулы ерітінділер жағдайында көптеген элементтер қатарының миграциялық қабілеттілігінің төмендеуі олардың қосылыстарының қиын ерігіштігімен сипатталады. Мысалы, қиын еритін фосфор қышқылды және күкірт қышқылды тұздардың жаралуымен;

в) гипергенез жағдайында берік қосылыстарға тотығу процесіне ұшырамайтындар жатады.

2. Элементтер қосылыстарының жаралуы бірнеше мүмкіндік бар кезде бос энергиялармен анықталады.

Бос энергия есебінен табиғи парагенезистегі сульфидті минералдардың бөліну реттілігінің қарапайым түрі келесідей болады: Fe(FeS₂), Cu, Zn (Mn), Pb, Ag, Cd, Te, Hg.

Элементтердің ковалентті байланысты туғызу қабілеттілігі кешенді қосылыстар (ZnS, Fe₂O, FeO, CaO, CaMgCO₃) құрамында сулы ерітінділерде осы элементтердің миграциялану мүмкіндігін анықтайтын басты фактор болып келеді.

А. Е. Ферсман миграция процесі үшін химиялық элементтер атомдарының ионизация потенциалының рөлін келесідей түсіндірді:

а) жақын ионизация потенциалы бар атомдар миграцияның ұқсас қасиеттеріне ие болады (R, Na, Li, Rb, Si, Ge);

б) бірдей типті торлардан тұратын атомдар мен иондар миграциялық қасиеті бойынша бірдей болады.

3. Химиялық элементтер атомдары мен иондарының радиустарының бірдей болуы миграция жолының бірдей болуын сипаттайды. Өте үлкен немесе өте кіші радиусты атомдар мен иондар миграцияның және қайта бөлінудің жоғары қабілеттілігімен сипатталады.

4) *Атомдардың гравитациялық қасиеті* оның массасының мөлшерімен байланысты және Жер мен космостағы элементтердің дифференциациясы процесі кезінде өте маңызды

болып келеді. Атомдардың гравитациялық қасиеттері ең үлкен рөлге Жер жаралуының ерте сатыларында ие болған.

Барлық элементтердің миграция процесі біріншіден, бүкіл әлемдік тартылыс күшінің әсерімен жүзеге асады, сонымен қатар космостық денелердің ортасында ауыр атомдар жинақталады, бұзылған бөліктерінде жеңіл атомдар жинақталады. Атомдардың гравитациялық қасиетіне меншікті салмақ және атомдық көлемдер жатады.

Бұрыннан белгілі, магмалық кристалданудың ерте минералдары дала шпатымен салыстырғанда үлкен меншікті салмақты хромит, оливин, пироксендер, гравитациялық күштің әсерінен магмалық ошақтың түбіне жиналып, таужыныстарды құрайды. Сонымен қатар, жер қыртысының континенттері өзінің астында жатқан таужыныстардан қарағанда біршама жеңіл таужыныстардан құралғаны бізге мәлім. Жердің орталық бөліктерінде ең көп тараған элементтердің ішінен темір мен никель бар деп есептеледі.

Бірақ, таужыныстарда таралған бірқатар элементтер ең ауыр элементтер және оның қосылыстары гравитациялық қасиеттерге бағынбайтынын көрсетеді. Мысалы, мынадай элементтер Nb, Ta, Zr, Hf, W, Mo және әсіресе Th, U (атомдық нөмірлері 41, 73, 90, 92) біршама қышқыл магмалармен және постмагмалық, яғни салыстырмалы жеңіл таужыныстармен байланыста болады.

Сонымен, элементтердің бөлінуі көзқарасынан қарағанда элементтер арасында Жер шары қабықтарының құрылуында басты рөлді атқаратын гравитациялық қасиет Жер дамуының ерте сатыларында пайда болады. Аз таралатын элементтердің бөлінуінде гравитациялық қасиет маңызды рөлді атқармайды. Осының бәрі магмалық процестерге жатады.

Гипергенді таужыныстарда гравитациялық қасиет маңызды рөлді атқарады. Ауыр және механикалық төзімді қосылыстар (алтын, алмас, касситерит, циркон, топаз, вольфрамит, рутил, ильменит және т.б.) туғызатын көптеген элементтер осы қосылыстардың гравитациялық қасиетімен байланысты концентрациялар түзуге бейім болып келеді.

5) *Радиоактивті қасиеттері.* Атомдардың радиоактивті қасиеті миграция процесі кезінде радиоактивті элементтердің

ыдырауына және жаңа ядролардың басқа физика-химиялық қасиеттермен жаралуы кезінде сол элементтер санының үнемі өзгеруімен сипатталады. Атом ядроларының радиоактивті ыдырауы кезінде бастапқы элементтерден және бір-бірінен миграциялық қасиеттері бойынша ерекшеленетін жаңа элементтер пайда болады. Мысалы, уранның радиоактивті ыдырауы кезінде жеңіл миграцияланатын гелий және қиын миграцияланатын қорғасын пайда болады.

5.2. Жер қыртысындағы химиялық элементтер миграциясының сыртқы факторлары

Геохимиялық миграциясының сыртқы факторлары атомды қоршаған ортамен байланысты болады. Осы орталардың негізгілерін қарастырайық.

1. *Температура.* Температураның көтерілуімен балқымаларда және ерітінділерде орналасқан элементтердің миграциялық қабілеті артады, химиялық реакцияның жылдамдығы артады және изоморфты ауысулардағы элементтердің өзара ерігіштігі артады.

Геохимиялық процестің жүруінің негізгі шартына температураның төмендеуі жатады. Температура заттың қозғалмалылығын және агрегатты күйін, химиялық реакцияның жылдамдығын, балқымалар мен ерітінділердегі кристалданудың жылдамдығын және реттілігін, элементтердің кристалдық температуралары бойынша дифференциясын анықтайды.

2. *Қысым.* Бұл фактор балқымаларда, ерітінділерде және газды қоспаларда элементтер миграциясына елеулі әсер етеді. Қысым химиялық элементтердің миграциясына үлкен әсер етеді, мысалы тектоникалық жарылымдар пайда болған кезде магмалық ошаққа әсер етеді. Қысымның тербелісі температураның тербелісімен тығыз байланысты болады. Қысым элементтердің балқу және қайнау температурасына әсер етеді. Мысалы, қысым 1 атм. көтерілсе, темірдің балқу температурасы $0,011^{\circ}\text{C}$ –ге көтеріледі.

Температура және қысымның біршама тербелісі және олардың арақатынасы элементтің физикалық күйінің өзгеруін

анықтайды, сонымен қатар, элементтердің өзара миграциясы: балқыту, еріту, төмендеу және т.б. (элементтер миграциясының маңызды шарты болып келеді) жүзеге асады.

Гипергенді процестерде қысымның өзгеруімен осы процестің жүруіне үлкен әсер ететін қоршаған ортадағы оттегінің, көмір қышқылының және т.б. газдардың мөлшерінің өзгеруі байланысты.

Миграция үшін өте маңызды болатыны *стресс* - бүйірлік қысым (негізінен минерал жаралу процестерінде жүзеге асады). Мысалы, стресс минералдарға мусковит, хлорит, эпидот, цоизит, тальк, дистен, ставролит жатады. Стресс – минералдардың қайта кристалдануына септігін тигізетін, метоморфизм факторларының бірі.

Жер қыртысының жоғарғы бөліктерінде қысымның шұғыл және елеулі өзгеруі болмайды. Миграцияның осы факторын гидротермалды, магмалық және метаморфты процестерді қарастыру кезінде ескеру қажет.

3. *Ортаның химиялық құрамы* миграцияның ерекшеліктерін, жер қыртысы жағдайындағы химиялық элементтердің табиғи ерітінділерде және балқымаларда концентрациясын және шашырауын анықтайтын фактор болып келеді. Сонымен қатар миграция процесі кезіндегі элементтердің тәртібі физикалық химияның заңдарымен реттеліп отырады, осы заңдарды білмей тұра қарапайым геохимиялық құбылыстарды зерттеу мүмкін емес.

Сутекті иондардың концентрациясы (ерітінділердің қышқылдығы немесе сілтілілігі – сутекті потенциал) рН – катиондар мен аниондардың меншікті белсенділігін, элементтер арасындағы химиялық реакциялардың бағытын және минералдардың табиғи қосылыстарының жаралуын сипаттайды.

Элементтердің миграциясына сутекті потенциалдың (рН) әсері гипергенез белдемі үшін едәуір толық зерттелген. Гидротермалды процестер үшін бұл мәселе әлі толық шешілмеген. Сутекті иондардың концентрациясының өзгеруі көптеген металдардың қозғалмалылығына әсер етеді.

Тотығу-тотықсыздану жағдайлары (Еh оттекті потенциал), сутекті иондардың концентрациясы сияқты (рН сутекті потенциал) геохимиялық процестердегі элементтер миграциясының химиялық реакцияларының бағытын анықтайды.

Көптеген элементтердің миграциясы күкірт пен оттегінің режимімен анықталатын тотығу-тотықсыздану жағдайына байланысты болады. Тотығу (оттекті) жағдайы айнымалы валентті катиогенді элементтердің (Fe, Mn, Co) жинақталуына және аниогенді элементтердің (V, Mo, Se, S, U, Re) ерігіштігінің артуына мүмкіндік береді. Оттексіз глейлі жағдайда топырақтардың минералды бөліктерінің – алюмосиликаттардың, ферросиликаттардың ыдырауы үдейді, катиогенді элементтердің миграциялық қабілеттілігі артады және аниогенді элементтердің миграциялық қабілеттілігі төмендейді. Тотықсыздану күкіртсутекті жағдайында H_2S металдармен реакцияға түседі. Жалпы алғанда күкірт пен оттегінің режимінің өзгеруі геохимиялық тосқауылдардың (оттекті, глейлі, күкіртсутекті тосқауылдардың) пайда болуына алып келеді.

4. *Табиғи коллоидты жүйелердің сорбциялық күштері.* Бұл күштер сулы ортадағы элементтердің миграциясына аса маңызды болып келеді. Осы күштермен коллоидты жүйелердің жоғары сорбциялық қабілеттілігі түсіндіріледі. Сорбция процесінің маңызды ерекшеліктерінің біріне оның селективтілігі (таңдамалылығы) жатады. Яғни нақты коллоидтармен әсіресе нақты иондар мен молекулалар жұтылады. Жұтылудың анықтаушы факторларына иондардың зарядтары, көлемдері және поляризациялық қасиеттері жатады. Гипергенді жағдайларда коллоидты жүйелер химиялық қосылыстардың барлық кластарын қамтиды. Коллоидты жүйелер литосферада, гидросферада, биосферада және атмосферада бірқатар элементтердің миграциясы кезінде маңызды геохимиялық рөлге ие болады.

5. *Ағзалардың тіршілік әрекеті.* Гипергенез белдеміндегі элементтердің миграциясы ағзалардың тіршілік әрекетімен тығыз байланысты болады. Ағзалардың тіршілік әрекетінің нәтижесінде қосылыстардан көптеген элементтердің миграциясына әсер ететін оттегі, азот, көміртегінің диоксиді босатылады. Өсімдік тамырларынан бөлінетін органикалық қышқылдар элементтердің минералды түрден ерітіндіге ауысуына септігін тигізе отырып, көптеген минералдардың (тіпті саздардың) кристалдық торларын бұзады.

6. *Геоморфологиялық ерекшеліктер.* Гипергенез белдеміндегі элементтер миграциясының маңызды сыртқы факторларының қатарына зерттеліп жатқан нысанның геоморфологиялық ерекшеліктерін жатқызуға болады. Геоморфологиялық ерекшеліктер нақты бөлікшеде қарастырылатын элементтердің миграциясы қандай түрде (минералды, коллоидты ерітінділер түрінде) басым болатынын анықтайды.

5.3. Геохимиялық тосқауылдар

Жер қыртысын, атмосфераны, гидросфераны құрайтын барлық элементтер үнемі қозғалыс күйінде болады, бұл жағдай олардың миграциясы болып табылады. Осы құбылысты анықтайтын көрсеткіштердің біріне миграция қарқындылығы жатады. А. И. Перельман миграция қарқындылығын келесі формула арқылы анықтауды ұсынды:

$$I = \frac{m}{tC_k}$$

мұндағы m – миграцияланатын элементтің массасы, t – миграция өткен уақыт аралығы, C_k - қарастырылып отырған геохимиялық жүйедегі қажет элементтің кларктік, немесе жергілікті фондық мөлшері.

Зерттеу масштабтарына байланысты осындай жүйе ретінде бүкіл жер қыртысын, жеке аудандар литосферасының жоғарғы бөліктерін, биосфераны, жеке теңіздерді, жеке аудандардың топырақтарын және т.б. қарастыруға болады.

Химиялық элементтердің миграциясын сипаттай отырып, әдетте оның негізгі түрлері мен типтері қарастырылады. А. И. Перельманның ұсынысы бойынша миграцияның төрт негізгі түрі бөлінеді: 1 – *механикалық*; 2 – *физика-химиялық*; 3 – *биогендік және* 4 – *антропогендік* әрекеттен туындайтын *техногендік*.

1989 жылы В. А. Алексеенко химиялық элементтердің табиғаттағы анықтау түрлерімен орнын ауыстыруындағы байланыстарын қарастыра отырып, миграцияның әртүрлі типтерін бөлуді ұсынды. Миграцияның үш негізгі типі дараланады.

Миграцияның бірінші типі элементтердің орын ауыстыруынсыз олардың анықтау түрінің өзгеруін көрсетеді. Мысалы: элементтің минералды түрден сулы ерітінділерге ауысуын немесе топырақтан өсімдікке ауысуын айтамыз.

Миграцияның екінші типі - элементтерін анықтау түрінің өзгеруінсіз орын ауыстыруы. Мұндай типтің мысалы ретінде минерал сынықтарының жерүсті суларында қозғалуы немесе ерітіндіде орналасқан элементтердің жерүсті және жерасты суларының қозғалуы кезінде орын ауыстыруы жатады.

Миграцияның үшінші типі алғашқы екі типті біріктіреді және элементтердің анықтау түрін өзгертуімен бірге орын ауыстыруынан тұрады. Мысалы: кенорындардағы минералдарды ерітетін элементтердің жерасты суларында қозғалуы; борпылдақ шөгінділердің қалыңдығы үлкен болғанда минералды түрден биогенді түрге ауысуы.

Нақты уақыт аралықтарында элементтердің миграциясы тоқтауы мүмкін, ал кейбір жеке бөлікшелерде элементтердің концентрациясы болуы мүмкін. Осы процесті қарастыру геохимиялық тосқауылдар туралы іліммен байланысты болып келеді.

Геохимиялық тосқауылдар – қысқа ғана қашықтықта химиялық элементтердің интенсивті миграциясының шұғыл төмендеуі және соның салдарынан олардың концентрациясы болатын жер қыртысының бөлікшесі. Геохимиялық тосқауылдарға осындай анықтаманы тосқауылдар туралы ілімнің негізін қалаушы Александр Ильич Перельман берген. Ол 1961 жылдан бастап, геохимиялық тосқауылдарды жіктеудің жалпы негіздерін жасауды бастады. Көптеген тосқауылдар ауқымында миграцияланатын ағында элементтердің анықтау түрлері шұғыл өзгереді, содан кейін осымен байланысты миграция қарқындылығының өзгеруі және нақты бір химиялық элементтердің (олардың қосылыстарының) концентрациясы жүзеге асады.

Сондықтан, дәл осы геохимиялық тосқауылдарда максималды экологиялық-геохимиялық өзгерулер болады. Осыған байланысты тосқауылдарға ерекше көңіл бөлінеді.

Миграция типінің өзгеруімен байланысты геохимиялық тосқауылдардағы химиялық элементтердің шоғырлануы техногенездің әсерімен күшеюінің және табиғатта кенінен таралуының төмендегі көрсетілген мысалда қарастыруға болады.

Бос оттегі болмаған жағдайда (глейлі жағдай) жерасты суларында темір екі валентті жақсы еріген күйінде (F_{2+}) болады. Осындай бос оттегі болатын сулардың жер бетіне шығуы тотығуға және темірдің қиын еритін гидросидінің ($Fe(OH_3)$) жаралуына алып келеді. Металдың сулы ерітінділер түрінен минералды түріне ауысуы жүзеге асады. Сонымен, темірдің миграция типінің өзгеруі оның тұндыруы және концентрациясымен бірге болады. Қарастырылып отырған тосқауыл оттекті тосқауылға жатады.

Осы тосқауылмен біз күнделікті өмірімізде де жиі кездесіп тұрамыз. Ваннаның, қолжуғыш раковинаның (шұңғылшаның) түбінде біз біртіндеп пайда болатын “тотықты” байқаймыз. Әдетте ол құрамының 90% жуығы үш валентті темірден тұратын гетиттің және гидрогетиттің (лимониттің) қоспасынан тұрады. Қарастырылып отырған жағдайда минералдардың жаралуы оттекті тосқауылда металдың шоғырлануымен байланысты. Тек қана еріген екі валентті темірдің тасымалдануы құбырлар бойынша техногенді жолмен жүзеге асады. Бос оттегінің қатынасуы жағдайында, яғни геохимиялық тосқауылда сулы ерітіндіден темір минералды түрге ауысып шоғырланады. Бұл жағдай шүмектен су аққан кезде болады. Судың қатты ағыны тұнбаланған минералдардың басым бөлігін шайып кетеді. Сондықтан, егер судың ағыны өте қатты болмаса (шүмектен су жәй аққанда), онда тұнбаланған темір көп қалады.

Қазіргі кезде геохимиялық тосқауылдар туралы ілімдер үлкен ғылыми және практикалық маңызға ие. Оның қолданылуы химиялық элементтердің (олардың қосылыстарының) шоғырлануының геохимиялық (экологиялық-геохимиялық) жағдайларын бағалауға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде әртүрлі типті пайдалы қазба кенорындарының жаралу ерекшеліктерін анықтауға, содан кейін ұқсас кенорындарды іздеу жұмыстарын тиімді жүргізуге мүмкіндігін береді. Ең алғашында негізгі назарды табиғи геохимиялық тосқауылдардың дәл осы салдарын зерттеуге көңіл бөлінген болатын.

Адамзатты экологиялық проблемалар қатты уайымдата бастағаннан бері, әртүрлі антропогенді процестерден туындайтын химиялық элементтердің жоспарланбаған концентрацияларын (яғни, экологиялық-геохимиялық өзгерістерін) болжау кезінде жиі-жиі үлкен масштабтарда геохимиялық тосқауылдар туралы ілімді қолдана бастады. Біртіндеп, геохимиялық тосқауылдар туралы ілімдер ауылшаруашылық және өнеркәсіптік өндірістің әртүрлі салаларында және ғылымда қолданыла бастады. Демек, сол себептен оның тұжырымдары су құрылысын салғанда, кенорындардың үйінділерін қайта өндегенде, өнеркәсіптік құрылыста, тіпті археологияда қолданылады.

5.3.1. Геохимиялық тосқауылдар туралы ілімнің қысқаша тарихы

«Геохимиялық тосқауылдар» терминін, жоғарыда айтылғандай, 1961 жылы А. И. Перельман ұсынған және ол бұл туралы өзінің «Геохимия» деген монографиясында жазған болатын. Ең алғашында геохимиялық тосқауылдар туралы ілім гипергенез белдеміне қолданылатын. Ландшафты-геохимиялық негізді қатыстырумен бірге геохимиялық тосқауылдар туралы ілімді қолдану топырақтарда және өсімдіктерде химиялық элементтердің жоғарғы концентрациялар жаралуының көптеген процестерін түсіндіруге мүмкіндік берді.

Өткен ғасырдың 70-жылдары геохимиялық тосқауылдар туралы ілімнің теориялық базасы осы геохимияның фундаментальді түсінігін іс-жүзінде қолдануға қажетті деңгейде дамыған болатын. Осы жылдары іздеу геохимиясына жаңа зерттеулерді енгізу басталады. Осыған бірқатар ғалымдардың еңбектері, және ең бірінші А. И. Перельманның шәкірттерінің және сонымен бірге жұмыс істеген ғалымдардың еңбектері мүмкіндік туғызды. Зерттеулер бұрынғы КСРО-ның әртүрлі аймақтарында: Украинада, Қазақстанда, Сібірде жүргізілді.

Осы жылдары геохимиялық тосқауылдар туралы ілімді қолдану арқылы рудалы кенорындардың, соның ішінде ең алдымен гипергенді кенорындардың, содан кейін гидротермалды кенорындардың жаралу ерекшеліктерін түсіндіру әрекеттері

жасалды. Алғашқы ореолдарға басқаша жаңадан қарауға мүмкіндік пайда болады, ал демек осыған орай геохимиялық іздеулердің дұрыстылығын арттыруға мүмкіндік пайда болды. 1973 жылы В. А. Алексеенко өзінің жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған оқу құралында былай деп жазады: «А. И. Перельманның гипергенді процестер үшін құрастырған геохимиялық тосқауылдар туралы ілімін, элементтердің гипогенді миграциясын қарастырғанда да қолдануға болатынын, ерекше атап өту керек».

Геохимиялық тосқауылдар туралы ілімді қайта түзілген ореолдар бойынша литогеохимиялық іздеу жұмыстарын жүргізу кезінде және биогеохимиялық іздеу кезінде қолданудың алғашқы сәттерінде жалған геохимиялық аномалиялардың санын елеулі азайтуға мүмкіндік берді. Өткен ғасырдың 80-жылдары іздеу геохимиясының практикасында қарастырылып отырған ілімді топырақтардағы аномалияларды бағалауда қолданыла бастады деуге болады. Практикалық жұмыстарға ғылыми тұжырымдарды кеңінен енгізуге А. И. Перельманның және т.б. авторлардың «Рудалы алқаптар ландшафтарының геохимиясы» монографиясы жарыққа шығуы мүмкіндік берді.

Құрастырылып жатқан теориялық тұжырымдармен қатар геохимиялық тосқауылдарды зерттеу бойынша геохимияның қазіргі заманғы бағыттарында, практикаға ғылыми нәтижелерді енгізу жұмыстары жүргізілуде. Геохимиялық тосқауылдарды құрлықпен суасты ландшафтарының шекараларында, сонымен қатар суасты ландшафтың өзінде зерттеу жұмыстары жүргізіліп жатыр. Радиогеологияның және радиогеоэкологияның проблемаларын шешуде тосқауылдар туралы ілім қолданыс табуда. Іс-жүзінде, барлық дерлік аудандарда геохимиялық әдістермен пайдалы қазбалар кенорындарын іздеу жұмыстарын жүргізу кезінде геохимиялық тосқауылдар ескеріледі. Геохимиялық тосқауылдар антропогенді экология-геохимиялық өзгерістерді биосферада болжау кезінде және мониторингті зерттеулер кезінде өте үлкен маңызға ие болады.

Биосфераның ноосфераға ауысуы кезеңін өткізуде геохимиялық тосқауылдар санының елеулі өсуі анықталған. Осыған орай табиғи аналогтары болмайтын жаңа техногенді тосқауылдар пайда болады. Тосқауылдарда көптеген жағдайда,

бірқатар элементтердің (әсіресе ауыр металдардың) концентрациясы жағымсыз құбылыс деп қарастырылса, экологиялық жағдайларды жақсартатын *техногенді тосқауылдардың* пайда болғанын атап өту қажет. Оларға жүзімдіктерді мыс құраушы препараттармен өңдеу кезінде мыстың жоғары концентрацияларының таралуына мүмкіндік бермейтін тосқауылдарды жатқызуға болады.

Қарастырылып отырған ілімдегі аса перспективті бағыттар қатарына табиғи аналогтары болмайтын *элеуметтік геохимиялық тосқауылдар* жатады. Олардың бір бөлігі тіршілік әрекеті қауіпсіздігінің күрт төмендеуіне алып келеді. Оларға көптеген қалдықтарды көму және қаттап тастау белдемдері жатады. Элеуметтік тосқауылдардың басқа бөлігі таужыныстардың үйінділерімен және байыту фабрикаларының әртүрлі қалдық қоймаларымен сипатталады. Нақты бір жағдайларда осы тосқауылдардың көп бөлігін техногенді кенорындар қатарына жатқызуға болады және сөйтіп табиғи ресурстарды тиімді пайдалануға мүмкіндік пайда болады.

Бірқатар экологиялық проблемалардың шешілуіне байланысты техногенді ландшафтарда (қалалық, өнеркәсіптік, ауылшаруашылықтық және т.б.) геохимиялық тосқауылдарды зерттеуге көп көңіл бөліне бастады. Осы тақырып бойынша орындалған көптеген жұмыстардың ішінде ММУ, ЛМУ, РМУ және Новороссийсктегі биосфера геохимиясының ҒЗИ қызметкерлерінің жарық көрген еңбектерін атап өтуге болады.

Сонымен қатар, соңғы уақыттары геохимиялық модельдеу сияқты перспективті бағыттың дамуын атап өтуге болады. Биогеохимиялық тосқауылдарды медициналық мақсатта қолданылатын өсімдіктерді өсіру кезінде ескеру ұсынылады.

Геохимиялық тосқауылдар бойынша соңғы зерттеулердің қорытындысы 1999 жылы профессор А. И. Перельманның рухына бағышталған «Гипергенез белдеміндегі геохимиялық тосқауылдар» деп аталатын халықаралық симпозиумда жинақталды. Геохимиялық тосқауылдарға осы ілімнің негізін қалаушы ғалымның өмірден өткеннен кейін жарық көрген «Ландшафт геохимиясы» және «Экологиялық геохимия» және «Геохимиялық тосқауылдар» деп аталатын кітаптарда аса көңіл бөлінеді. Соңғысы ғалымның рухына бағышталған.

5.3.2. Геохимиялық тосқауылдардың жіктемесі

Тосқауылдардың типтері. А. И. Перельманның генетикалық жіктемесі бойынша биосфераның барлық геохимиялық тосқауылдары екі негізгі типке – *табиғи және техногенді* типтерге бөлінеді. Екі типте миграция факторлары өзгерген бөлікшелерде орналасады. *Бірінші жағдайда*, факторлардың ауысуы, ал соған сәйкес бір геохимиялық жағдайдың екіншісімен ауысуы биосфераның нақты бөлікшесінің табиғи ерекшеліктерімен шартталады. *Екінші жағдайда* – осындай геохимиялық жағдайлардың ауысуы антропогенді әрекеттің нәтижесінде жүзеге асады.

Алайда едәуір жиі геохимиялық жағдайлардың антропогенді өзгеруі және техногенді геохимиялық тосқауылдардың қалыптасуы өзіндік бір түрткі болып келеді, осыдан кейін табиғи геохимиялық тосқауылдардың қалыптасуы жүзеге асады. Техногенді тосқауылдарға табиғи тосқауылдардың үстемеленуі болады. Кейде олардың бәрі (сонымен қатар техногенді тосқауылдарда) бір-бірін тек жарым-жартылай жабуы мүмкін. Геохимиялық тосқауылдар қалыптасуының осындай процестері жаңа үшінші *техногенді – табиғи* типті бөлуге негіз болды.

Тосқауылдардың класстары. А. И. Перельман бойынша бөлінген геохимиялық тосқауылдардың типтері үш негізгі класстарға бөлінген: *физика-химиялық, механикалық және биохимиялық.*

Физика-химиялық тосқауылдардың қалыптасуы физика-химиялық жағдайдың ауысуымен байланысты. Қазіргі уақытта тек қана осы класс үшін, ал дәлірек болсақ, әртүрлі тотығу-тотықсыздану және сілтілі – қышқылды жағдайлары бар суларда ионды түрде миграцияланатын химиялық элементтердің тұнуы жағдайына толық жете жіктеме жасалған.

Механикалық тосқауылдар механикалық миграцияның қарқындылығы күрт өзгертін бөлікшелермен сипатталады. Олар негізінен миграцияның екінші типімен, яғни олардың анықтау түрі өзгермейді, бірақ олар кеңістікте ауысатын жағдаймен байланысты болады. Ауысу, ережеге сай, биосфера көлемінде жиі элементтердің минералды немесе коллоидты түрде миграциясымен жүзеге асады. Коллоидтардың және

минералдардың ауысуы ауалы және сулы ортада, сонымен қатар орталардың шекараларында (баурайлар бойынша сынықтардың домалауы) болуы мүмкін.

Биогеохимиялық тосқауылдар, басқаларға қарағанда, негізінен миграцияның бірінші типімен, яғни кеңістікте азғантай ауысу арқылы элементтердің анықтау түрлері өзгергенде болатын миграциялармен байланысты болады. Шын мәнінде олар химиялық элементтердің өсімдік және жануарлар ағзаларымен жинақталуын сипаттайды. Бұл геохимиялық тосқауылдар биосферада өте көп тарағандар қатарына жатады және табиғи да және техногенді де болуы мүмкін. Химиялық элементтердің биогеохимиялық тосқауылдарда концентрациясы осы элементтердің биологиялық айналымының бір бөлігі болып келеді.

Химиялық элементтердің (олардың қосылыстарының) геохимиялық тосқауылдарда жинақталуы жиі осы элементтердің аномалды концентрациясына алып келеді. Нақты бір жағдайларда олардың концентрациясы және тосқауылдардағы жалпы мөлшері күрт өседі және пайдалы қазба кенорындары қалыптасады. Жақын арадағы уақытқа дейін қарастырылып отырған процестер тек қана табиғи болған. Қазір техногенді процестер үлкен масштабтарға жетіп, табиғи және техногенді тосқауылдарда өнеркәсіптік концентрацияларда нақты бір элементтердің (олардың қосылыстарының) жинақталуы мүмкін болады. Осылай әртүрлі пайдалы қазбалардың техногенді кенорындары қалыптасады, ең алдымен металдардың кенорындары қалыптасады.

Геохимиялық тосқауылдар облысындағы соңғы онжылдықтың зерттеулері қосымша класстардың бөлінуінің көкейкесті қажеттілігін көрсетті. Осыған орай жеке *кешенді геохимиялық тосқауылдар* класы бөлінеді. Үшінші типтің техногенді-табиғи геохимиялық тосқауылдары әрқашанда кешенді болатынын атап өту қажет. Олардың саны, сонымен қатар ғылыми және практикалық маңыздылығы үздіксіз артып келеді.

Өзінің әдеттегі көрінуінде кешенді геохимиялық тосқауылдар геохимиялық тосқауылдардың бірнеше класстарының бірінің үстіне бірінің кеңістікті үстемеленуін сипаттайды. Бір-біріне

үстемеленген тосқауылдар өзара генетикалық байланысты болып келеді. Табиғи тосқауылдардың ішінде кешенді тосқауылдар таралуы бойынша алғашқы орындардың бірін алады.

Техногенді геохимиялық тосқауылдардың ішінде В. А. Алексеенко (1997) тағы да бір дербес классты - *элеуметтік тосқауылдар* класын бөлуді ұсынған. А. И. Перельманның соңғы еңбектерінің жарыққа шығуынан кейін ғылыми әдебиеттерде «*химиялық элементтердің элеуметтік миграциясы*» деген термин кеңінен қолданыла бастады. Элеуметтік миграция терминіне ұқсас В. А. Алексеенко «*элеуметтік геохимиялық тосқауыл*» түсінігін енгізуді орынды деп санайды.

В. А. Алексеенко бойынша осы тосқауылдардың жоғарыда сипатталған табиғи және техногенді тосқауылдардан айырмашылығы мен ортақтығына төмендегілер кіреді:

Біріншіден, жоғарыда қарастырылған тосқауылдарға ұқсас бұларда да миграцияның нақты бір түрінде - элеуметтік (техногенді) түрінде қатынасатын бірқатар заттардың ауысуы тоқтатылады.

Екіншіден, басқа да тосқауылдарға ұқсас, бұл жағдайда қатынасатын барлық заттар емес, тек қана солардың бір бөлігі ғана миграциясын тоқтатады.

Үшіншіден, табиғи жағдайларда олар қалыптаспаған жерлерде, қалай болғанда да оларға концентрацияланатын заттар үшін тосқауылдар жасанды құрылған.

Төртіншіден, жаралу тәсілі бойынша (шығару және қоймалау) олар қарастырылған барлық техногенді тосқауылдардан өзгешеленді.

Бесіншіден, заттардың концентрациясының өзгешелігі бойынша және жаралу тәсілі бойынша табиғи тосқауылдар ішінде бұл тосқауылдарға ұқсас тосқауылдар жоқ.

Алтыншыдан, оларға концентрацияланатын заттар ешбір жалпы физикалық немесе химиялық қасиеттері бойынша біріктірілмейді (ал бұл табиғи және техногенді тосқауылдардағы заттардың концентрациялануының міндетті шарты болып келеді). Техногенді тосқауылдардағы барлық заттарды тек қана бір элеуметтік жағдай біріктіреді, яғни қазіргі оның даму кезеңінде қоғамға ешбір қажет еместігі.

Жетіншіден, қарастарылып отырған тосқауылдардың қалыптасуы және оларға жиналатын заттардың құрамы адамдардың және де бүкіл адамзаттың нақты қауымдастығы сияқты дамуының нақты деңгейінің бейнесі немесе көрінісі болып келеді.

Осының бәрі бірге В. А. Алексеенко бойынша *элементтік геохимиялық тосқауылдарды* жеке даралауды негіздейді. Осы тосқауылдардың кеңінен (және де үдемелі) таралуы, ең бастысы, адамды қоршаған ортаға деген келеңсіз әсерінің үдеуі және де адамның денсаулығына келеңсіз әсері оны тек қана жеке-дара бөлінуін қажет етіп қоймай, сонымен қатар осы тосқауылдарды толыққанды экология-геохимиялық зерттеуді қажет етеді.

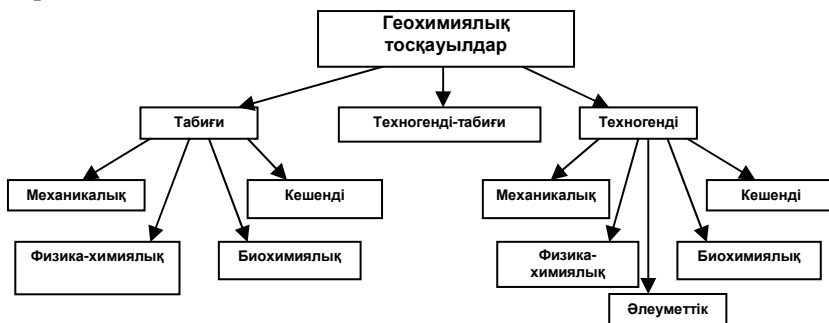
Геохимиялық тосқауылдар бір-бірінен тек қана нақты элементтердің концентрациясымен және олардың жалпы санымен ғана өзгешеленбейді, сонымен қатар тосқауылдардың өз мөлшерлерімен өзгешеленді. Осы критерий бойынша А. И. Перельман *макро-, мезо- және микротосқауылдарды* бөлді.

Макрогеохимиялық тосқауылдарға мың метр қашықтарда химиялық элементтер миграциясының қарқындылығы күрт өзгеретін белдемдер жатады. Белдемдердің қалыңдығы бірнеше жүздеген метрлерге жетуі мүмкін. Осындай тосқауылдарға, мысалы, әлсіз электролит болып келетін тұщы өзен суларының теңіз суларымен араласуы болатын ірі өзендердің атыраулары жатады.

Мезогеохимиялық тосқауылдардың ұзындығы алғашқы метрлерден мың метрге дейінгі қашықтықта өзгеріп тұрады. Олардың мысалына, тотығу-тотықсыздану жағдайы күрт өзгеретін және алдын ала суайырықтардан және баурайлы бөлікшелерден шаймаланған көптеген химиялық элементтер жинақталатын батпақтардың шеткі белдемдерін жатқызуға болады.

Микрогеохимиялық тосқауылдардың өлшемдері миллиметрдің бөліктерінен алғашқы метрлерге дейін өзгеруі мүмкін. Оларға жеке өсімдіктерде бөлінетін және де пайдалы қазба кенорындары ауқымында рудалы желілер және желішелер қалыптасатын тосқауылдар жатады.

Осы жоғарыда баяндалған мәселелер геохимиялық тосқауылдарды келесі типтер мен кластарға бөлуге мүмкіндік береді.



5.1-сурет. Геохимиялық тосқауылдардың жіктемесі.
А. И. Перельман бойынша

6. ГЕОХИМИЯЛЫҚ АНОМАЛИЯЛАР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ ТҮСІНІКТЕР

6.1. Жалпы мағлұматтар

Геохимиялық аномалия – бұл нақты таужыныстарға, өсімдіктерге, сулар типіне тән, немесе геохимиялық ландшафтқа, және де нақты ауданға тән геохимиялық нормадан ауытқу. Бұл фондық мөлшермен салыстырғанда элементтер мөлшерінің көтерілуі немесе төмендеуі. Геохимиялық аномалиялар өлшемі бойынша: *жергілікті аномалиялар* - өлшемі кенді денеге немесе кенорындарға сәйкес және *аймақтық аномалиялар* - концентрация өрістеріне немесе шашырау өрістеріне сәйкес келетін аномалиялар деп бөлінеді.

Аймақтық аномалиялар ұсақ масштабты геохимиялық зерттеулер кезінде, ал *жергілікті аномалиялар* орта және ірі масштабты геохимиялық зерттеулер кезінде анықталады.

Геохимиялық аномалияларды кен денелерге және пайдалы қазба кенорындарына қатысты *перспективті, перспективті емес* және *жалған* деп бөлуге болады.

Перспективті аномалиялар жаралуы бойынша пайдалы қазбалармен байланысты, сол үшін олар ең бірінші кен денелерді және пайдалы қазба кенорындарын іздеу кезінде зерттелу керек.

Элементтер мөлшерінің таралуымен байланысты *оң аномалиялар* немесе *теріс аномалиялар* болуы мүмкін. Біріншілері жоғары концентрациясымен, екіншілері - индикатор-элементтердің күрт төмендеуімен айрықшалаанады.

Барлық жоғарыда қарастырылған геохимиялық аномалиялар табиғи аномалияларға жатады, яғни бұл аномалиялардың жаралуы адамзаттың әсерінсіз табиғи жолмен жүзеге асқан.

Ноосфераның жаралуы кезінде химиялық элементтердің гипергенді миграциясы көбінесе антропогендік іс-әрекетімен анықталатын болды. Нәтижесінде бірқатар геохимиялық тосқауылдарда осы іс-әрекеттің нәтижесінде геохимиялық аномалиялар туындайды. Бұндай аномалиялар *техногенді аномалиялар* деп аталды. Қазіргі кезде техногенді процестер

үлкен масштабтарға жетті, табиғи және техногенді тосқауылдарда олардың әсерімен өнеркәсіптік концентрациядағы нақты элементтердің шоғырлары болуы мүмкін.

В. А. Алесеенко (2000 ж.) техногендік тосқауылдарды «элеуметтік геохимиялық тосқауылдар» деп атауды ұсынды. Бұл терминмен өнеркәсіптік және тұрмыстық қалдықтардың қоймалану белдемдері біріктіріледі. Миграциялық ағымға түскен осы заттардың техногендік қайнар көздерін ластандырғыштар деп атайды. Бұларға жеке өнеркәсіптер, тау қазылымдары, нақты ауылшаруашылық ландшафтары жатады. Техногендік аномалиялардың өлшемдері кең ауқымда (бірнеше км-ден 100 км-ге дейін) таралады. Техногенді аномалияларда элементтер минералды, биогенді немесе изоморфты түрлерде, сонымен қатар ерітінділер және газды қоспалар түрінде кездеседі.

Аномалияларды табиғи және техногенді түрлерге бөлудің негізгі критерийлеріне – аномалиялардың морфологиясы, олардың нақты таужыныстарға және геологиялық құрылымдарға туралануы, сонымен қатар осы аномалияларды туғызатын химиялық элементтердің ассоциациялары жатады.

В. И. Вернадскийдің ережесіне сәйкес, “кез келген табиғи нысанда барлық химиялық элементтер кездеседі”, көп жағдайда жер қыртысының кейбір бөлікшелеріндегі түбірлік таужыныстарда, топырақтарда, суларда, атмосферада бірқатар элементтер бірге жинақталады. Осы бірге жинақталуды «*элементтер ассоциациясы*» деп атайды. Мұндай бірге жинақталуларды ішкі және сыртқы факторлармен шартталған миграция жағдайларының ортақтығымен түсіндіруге болады. Егер нақты бір элементтердің концентрациясына ішкі факторлар шешуші әсер етсе, жоғары мөлшерде орналасқан элементтер ассоциациясы әртүрлі ландшафты-геологиялық жағдайлардың кең ауқымында сақталады. Мысалы: U, Pb, He, Th-Pb-He, K-Ar – жаралулары радиоактивті ыдыраумен байланысты тұрақты ассоциацияларға жатады.

Егер ассоциациялардың жаралуына негізгі әсерді ішкі факторлар тигізсе, онда элементтердің бірге жинақталуы нақты жағдайлардың кешенімен шектеледі. Мысалы: Au-Cu-As-Pb-Zn-

Fe – ассоциациясы тек қана алтынсульфидті кендерге тән, бұлардың морылуы кезінде жаңа ассоциациялар пайда болуы мүмкін: Au-As-Fe, Cu-As-Zn-Au-Fe және т.б.

Техногенді геохимиялық аномалияларға химиялық элементтердің өзіндік ассоциациялары тән болады. Олар негізінен ластану кезіндегі ғылым және техниканың даму деңгейімен анықталады. Бұндай аномалиялар – қорғасынмен, мырышпен, мыспен, молибденмен, никельмен, ванадиймен, кобальтпен, бариймен, марганецпен, титанмен, хроммен, темірмен көрсетілген, оларды «ластағыш заттар» деп атайды. Техногенді аномалияларда жеке элементтермен жаралатын контурлар жиі сәйкес келмейді. Әрбір элементтің техногенді аномалияларының қарама-қарсылығы (контрасттылығы) әртүрлі болуы мүмкін.

Геохимиялық зерттеулерді жүргізген кезде әртүрлі таужыныстарды (шөгінді, магмалық, метаморфтық) және минералдарды құрайтын элементтер ассоциациясымен жиі кездесуге тура келеді. Мысал ретінде пайдалы қазба кенорындарының түбірлік таужыныстарында жоғары концентрацияларда кездесетін элементтер ассоциациясы туралы мәліметтерді көрсетуге болады (б.1-кесте).

Барлық типтегі кенорындардың жерасты суларында жоғары мөлшерлерде Cu, Zn, Mo кездеседі, олар өз кезегінде «өткінші» минералдар болып келеді. Олардың мөлшерлері кенденудің бар болуын дәлелдемейді, бірақ осы элементтердің едәуір концентрациялары іздеу жұмыстары кезінде өте маңызды болуы мүмкін. Осыған байланысты, кенорындарды іздеуде гидрохимиялық әдістерді қолдану әртүрлі типтегі кенорындардың суларында жоғары мөлшерде орналасқан элементтер ассоциациясын білуді жорамалдайды.

Түбірлік таужыныстарда жоғары концентрацияда
кездесетін элементтер ассоциациясы

Пайдалы қазбалардың типтері	Элементтердің ассоциациясы
Магмалық кенорындар	
Хромитті	Cr, Fe, Mg, (Pt, Al)
Платиналы	Cr, Fe, Pt, (Os, Ir), Mg
Титан-магнетитті	Fe, Ti, V
Мыс-никельді (сульфидті)	Ni, Cu, (Pt, Pd, Co)
Апатитті	P, Ti, U, Zr, Th, Be, F, Cl, Sr, Nb, Ta, TR
Стратиформдық кенорындар	
Мысты	Cu, Fe, (Pb, Zn, Ag)
Қорғасын-мырышты	Pb, Zn, Ag, Fe, Mg (Ba, F)
Скарндық кенорындар	
Теміркенді	Fe, Ca, Al, Si
Мысты	Cu, Fe, Ca, Al, Si, (Mo, Co), (Pb, Zn)
Молибден-вольфрамды	Mo, W, Fe, Cu, Al, Si
Қорғасын-мырышты	Pb, Zn, Fe, Cu, Ag, Bi, Al, Si
Қалайыкенді	Sn, Fe, Cu, (Mo, As, Zn, Pb, Bi, Ag, W), Si
Шөгінді кенорындар	
Борлы	B, Mg, K
Темірлі	Fe, Mn
Марганецті	Mn, Fe
Алюминийлі	Al, Fe
Гидротермалды кенорындар	
Кварцты парагенезисті	Au, As, Fe, Bi, Mo, W, U, Si, Cu
Сульфидті парагенезисті:	
-қорғасынның және мырыштың	Pb, Ba, Zn, Cu, Fe, U, Mo
-бес элементті формацияның	Co, Bi, Ni, Ag, Ca, Ba, U, Fe, As, (Pb, Zn, Cu)
-касситериттің	Sn, Pb, Zn, Fe, W
Карбонатты парагенезисті	
-темірдің	Fe, Mg, Ca, (Cu, Pb)
-марганецтің	Mn, Mg, Ca, (Fe, Ba)
-магнийдің	Mg, Ca
Колчеланды	Fe, Cu, S, Zn, Pb, (Au, Ba)

Жерүсті және жерасты суларындағы кенденудің тура индикаторларынан басқа, жанама индикатор-элементтер үлкен маңызға ие болып келеді. Сонымен, полиметалды кенденудің гидрохимиялық индикаторларының ішіндегі ең жақсыларының бірі – кадмий болып келеді.

Кимберлитті түтікшелерді гидрогеохимиялық әдіспен іздеуді Zn, Ni, Co, Cr, V, Ga, Cu жоғары концентрациялары бойынша жүргізуге болады.

Рудалы кенорындарды іздеуде газды түсірулерді салыстырмалы жақын арада ғана пайдалану басталды. Газдардың нақты ассоциациялары радиоактивті және радиоактивті емес кен денелер үстінде кездеседі. Полиметалды және сынапты кенорындардың түбірлік таужыныстарында және топырақтарында жоғары мөлшерде көміртегінің диоксиді, сутегі және сынаптың булары кездеседі. Колчеданды кенорындардың үстінде - көміртегінің диоксиді (4 %-ға дейін) және көмірсутек, алтын құрамды сульфидті кендер үстінде – көміртегінің диоксиді және азот, ал сульфидті кенорындар тобында жоғары мөлшерде – H_2S , CO_2 , SO_3 кездеседі.

Биохимиялық процестерден туындаған элементтер ассоциациясы ерекше орынды алады. Олардың жаралуы бір жағынан, тірі материяның физиологиялық қажетіліктерімен сипатталса, екінші жағынан қоршаған және қоректенетін ортаның химиялық құрамымен сипатталады. Қоршаған ортаның химиялық құрамы өзгерсе (түбірлік таужыныстардың және топырақтардың) өсімдіктердегі металдардың мөлшері өзгереді. Әсіресе кенорындар үстінде өзгерулер айқын болады. Көптеген зерттеушілердің жұмыстары негізінде әртүрлі типтегі кенорындардың үстіндегі өсімдіктердің күлінде жоғары мөлшерлерде орналасқан негізгі элементтердің спецификалық ассоциациялары бөлінген (6.2-кесте).

Әртүрлі типті кенорындардағы элементтердің ассоциациялары

Кенорындар типі	Элементтер ассоциациясы
Скарндық:	
Мыс-кобальтты	Co, Ni, Cu, As, (Ag, Pb, Zn)
мысты	Mo, Cu
Молибден-вольфрамды	Mo, W, (Bi)
Грейзендік:	
сульфидті	Be, Mo, Bi
сирекметалды	Be, F, Zr, (Cu, Mo, Pb)
Гидротермалды:	
алтынкварцты	Zn, Au, (Pb, Cu)
алтынсульфидті	Au, Cu, As, (Ag, Pb, Mo)
қалайыкенді	Sn, Pb, Cu, Zn
мысты	Mo, Cu, Zn
молибденді	Mo
полиметалды	Zn, Pb, (Ti, Mn)
Колчедан-полиметалды	Pb, Zn, Mo, Ag, (Sn, Cu)
Мыс-колчеданды	Mo, Cu, Zn, Co, (Ag)
Стратиформды қорғасын-мырышты	Pb, Zn, (Ag)
Никельді морулы қыртыстары	Ni, (Co, Cu)

Кейбір химиялық элементтердің қосылуымен және басқаларының шығарылуымен бірге жүзеге асатын эндогенді немесе экзогенді геологиялық процестердің нәтижесінде, түбірлік таужыныстарда, борпылдақ шөгінділерде және топырақтарда геохимиялық фондық мөлшерімен салыстырғанда *литогеохимиялық аномалиялар* деп аталатын жергілікті аномалды мөлшерлермен сипатталатын жергілікті бөлікшелер пайда болуы мүмкін. Жерасты және жерүсті суларында химиялық элементтердің аномалды мөлшерлерімен өзгешеленетін жергілікті бөлікшелерді *гидрогеохимиялық аномалиялар*, ал жер қойнауынан бөлініп шығатын газдардың аномалды мөлшерлерімен сипатталатын бөлікшелерді *атмогеохимиялық аномалиялар* деп атайды. Таужыныстарда, топырақтарда, суларда және газдарда химиялық элементтердің аномалды жоғары мөлшерлерінің бар болуы, сол алаңдарда өсетін өсімдіктерде элементтердің аномалды

мөлшерлерінің туындауына алып келеді. Осының нәтижесінде *биогеохимиялық аномалиялар* жаралады. Олардың контурларында барлық өсімдіктер немесе олардың тек бір түрлері ғана кейбір элементтердің жоғары мөлшерлерімен ерекшеленеді.

6.2. Геохимиялық аномалияларды бөлудің критерийлері

Жер бетінің кез келген нүктесінде химиялық элементтердің концентрациясы кеңістік және уақыттың оң функциясы болып келеді:

$$C_x = f(x, y, z, t) > 0 < 100 \%$$

Бұл дегеніміз, В. И. Вернадскийдің заңына сәйкес, бақылауға қолжетімді кеңістіктің кез келген нүктесінде, аз ғана мөлшерде барлық химиялық элементтер кездеседі, бірақ элементтің мөлшері 100% аз болады және уақыт аралығында, нүктеден нүктеге ауысқанда химиялық элементтің мөлшері өзгеріп отырады.

Алайда, іс жүзінде кез келген бөлікшенің таужыныстардағы бізге қажет элементтің графигі формулада көрсетілгендей төрт өлшемді кеңістікте емес, келесі жорамалдарға сәйкес бір өлшемді кеңістікте көрсетіледі:

- қажетті элементті анықтауға арналған сынама бірдей тереңдіктен алынады ($Z = \text{const}$);

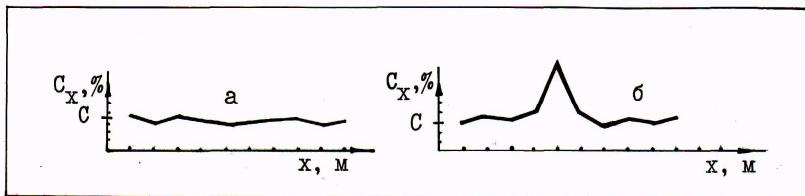
- анықталатын элементтің мөлшері сол нүктеде салыстырмалы қысқа уақыт аралығында тұрақты болады деп есептеледі ($T = \text{const}$);

- сынамаларды алу геологиялық дененің созылымын қиып өту бағытында жүзеге асады, яғни бұл жағдайда сынамаланатын нысанның созылуы бойынша бағытталатын Y өсі де нөлге тең болады ($Y = 0$).

Соңында формула келесідей түрде болады:

$$C_x = f(x)$$

Осындай жағдайда сынамаларды талдау нәтижелері негізінде сынамалау профилі бойынша элемент мөлшерінің графигі екі түрлі болуы мүмкін:



6.1-сурет. Суретте химиялық элементтің қалыпты (а) және ауытқымалы (б) мөлшерінің мысалы көрсетілген.

C – кларкқа сәйкес келетін мөлшер деңгейі.

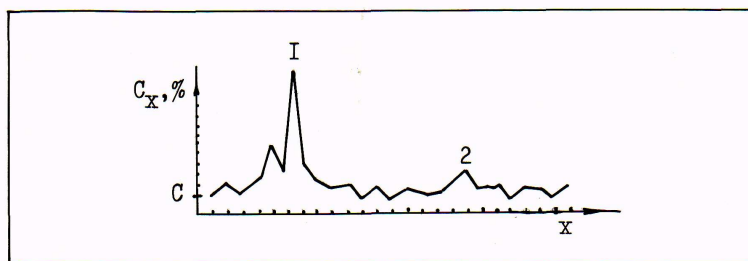
99,9 – 99,99% жағдайда сынамалау профилі бойынша элементтің мөлшері кларкқа жақын болады (6.1 а-сурет) және тек қана 0,1 – 0,01% жағдайда оның мөлшері едәуір жоғары (6.1 б-сурет) болады. Бұл элементтің аномалды мөлшері болып табылады.

Сонымен, В. И. Вернадскийдің геосферадағы элементтердің жалпы заңына сәйкес $C_x = f(x) > 0$ және 99,99% жағдайда кларкқа тең болады. Мысалы қорғасынның кларкі литосферада $1,6 \times 10^{-3}$ % құрайды, ал ол гидросфера үшін 1000 есе аз болады.

Металға бай бөлікше бойынша өтетін сынамалау профиліндегі металл мөлшерінің графигі (6.1 б-сурет) суреттегідей түрде болады деп алдын ала айтуға болады. Осы графикті қарастыру кезінде зерттеуші геологтың алдында келесідей геохимиялық іздеу әдісінің принциптік сұрағы туындайды: осы мөлшер біздің назарымызды қажет етпейтін қатардағы мөлшерге жата ма, әлде ол аномалды мөлшер ме?

Осы мәселені шешу, яғни геохимиялық аномалияларды табу және бөлу үшін екі критерий болады. Профиль бойынша элемент мөлшерінің графигінде айқын аномалияны бөлуге болады, яғни сол геологиялық ортаға алдын ала тән емес элементтердің концентрациялары. Мысалы граниттердегі 0,5% тең мыстың мөлшері жер қыртысындағы таужыныстардағы кларк мөлшерінен 100 есе көп болғандықтан өзгеше әдеттегіден тыс болып келеді. Осы жағдайда геолог граниттердегі кенденудің бөлікшесін тапқаны туралы толық дәлелмен айта алады. Макроскопиялық таужыныстарда халькопириттің сеппелері, ал егер таужыныстар моруға ұшыраған болса, онда оларда сонымен қатар туынды минералдар (малахит, хризоколла

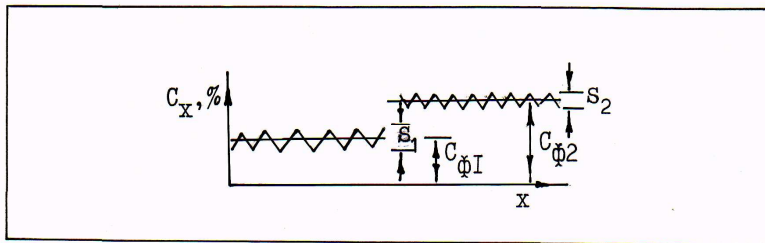
және т.б.) кездеседі. Ешқандай даусыз сынамалау профилінің осы интервалын, арнайы математикалық немесе басқа да дәлелдемені қажет етпейтін геохимиялық аномалия деп санаймыз (6.2-сурет).



6.2-сурет. Айқын (1) және жасырын (2) аномалия.
C – кларкқа сәйкес келетін мөлшер деңгейі

Сынамалау профилінің 2 нүктесін аномалия деп атау үшін, геохимиялық фон түсінігін қолдану арқылы біраз дәлелдемелерді қажет етеді. Геохимиялық фон – бұл анық геохимиялық аномалиядан қашықтау орналасқан таужыныстардағы қажет элементтің орташа мөлшері. Сөйтіп, геохимиялық фонның шамасын немесе таужыныстардағы элементтің фондық мөлшерін анықтау үшін, ең алдымен, айқын аномалиялар шоғырланған бөлікшелерді қарастырудан алып тастау керек.

Егер бір-бірінен қашықта орналасқан екі бөлікшедегі бірдей элементтер мөлшерлерінің графиктерін өзара салыстыратын болсақ, онда келесідей мәселелерді анықтауға болады. Қарастырылып жатқан бөлікшелерде элементтің мөлшері *өзінің деңгейі бойынша*, басқаша айтқанда олардың мәндерінің абсолюттік шамасы бойынша және де олардың *тұрақтылық дәрежесі*, яғни орташа мөлшеріне қарағанда фондық мөлшерінің ауытқу сипаты бойынша өзгешеленеді (6.3-сурет).



6.3-сурет. Геохимиялық аномалияның төменгі шекарасын анықтауға қолданылатын, элементтердің таужыныстардағы таралуының (S , C_{Φ}) негізгі параметрлері

Бұл жағдайда (6.3-сурет) элемент мөлшерінің деңгейі бойынша $C_{\Phi 2} > C_{\Phi 1}$, ал қиылу дәрежесі бойынша $S_1 > S_2$, мұнда S – қисықтың тұрақтылық дәрежесін (немесе басқаша айтқанда қиылу дәрежесін) сипаттайтын шама. Ол орташа мәндерінен мөлшерлердің кездейсоқ мәндерінің орташа квадраттық ауытқуы немесе стандартты ауытқуы деген атқа ие болып, келесі формуламен анықталады:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - C_{op})^2}{n-1}}$$

мұнда, C_i – кезектеп, барлық сынама алу нүктелеріндегі анықталатын элемент мөлшерлерінің мәндері.

C_{op} – іріктемедегі сол элемент мөлшерлерінің орташа арифметикалық мәні (геохимиялық фон).

Орташа квадраттық (стандартты) ауытқудың (S) шамасы геохимиялық аномалияларды анықтауда негізгі критерий ретінде қолданылады.

Аномалияларды бөлу үшін минималды аномалды мөлшерін ($C_{ан}$) немесе қалыпты фондық мөлшеріне (C_{Φ}) қатысты тербелуінің жоғарғы және төменгі шегін анықтау керек.

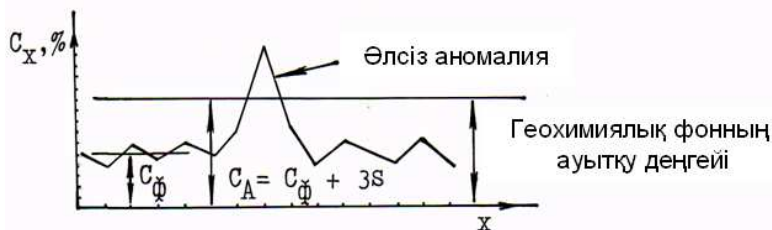
$$C_{ан} = C_{\Phi} + 3S$$

мұнда: $C_{ан}$ – элементтің аномалды мөлшері;

C_{Φ} – элементтің фондық мөлшері;

S – орташа квадраттық ауытқу.

Сондықтан, егер графиктің нүктесі осы мәннен жоғары орналасса, онда ол аномалия болады, ал егер төмен болса – фонның ауытқуы болады (6.4-сурет).



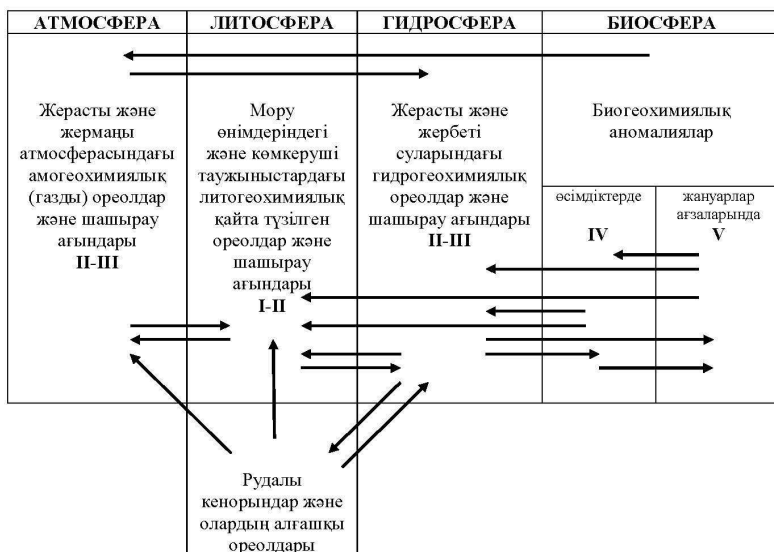
6.4-сурет. Геохимиялық аномалияның төменгі шекарасын (шегін) анықтаудың принципі.

6.3. Геосфералардағы геохимиялық аномалиялардың өзара байланысы

Таужыныстардың қабаттарында шоғырланған кез келген минералдық құрамды пайдалы қазбалардың өнеркәсіптік кен денесі өз кезегінде геохимиялық аномалия бола тұра, тиісті жағдайларда литогеохимиялық, гидрогеохимиялық, биогеохимиялық және атмогеохимиялық ореолдарды және шашырау ағындарын құруға қабілетті болады. Осы барлық геохимиялық аномалиялар химиялық элементтердің жалпы миграциясы және геосфералар арасында үзіліссіз алмасуы салдарынан бір-бірімен тығыз байланысты болады. Литосферада, атмосферада, гидросферада және биосферада рудалы геохимиялық аномалиялардың өзара байланысы, сонымен қатар туындайтын тура және кері байланыстардың ерекшеліктері келесі сұлбалық суретте көрсетілген (6.5-сурет).

Кен денелері және олардың алғашқы ореолдары литосферада шоғырланып, мору өнімдерінде және көмкеруші таужыныстарда қайта түзілген шашырау ореолдарының, сонымен қатар гидроторабтың аллювиальді шөгінділерінде

шашырау ағындарының жаралуына қабілетті болады. Бұл геохимиялық аномалиялар іздеу нысаны болатын литосферада шоғырланған рудалы кенорыннан сәйкесінше бірінші және екінші қашықтау болып келеді. Газдардың терендіктен рудалы белдемдер бойынша эффузиясы және диффузиясы есебінен жерасты және жермаңы атмосферасында газды ореолдар және шашырау ағындары қалыптасады. Литогеохимиялық шашырау ореолдарының рудалы минералдары осы процестерге қатынасуы салдарынан газды аномалияларды іздеу нысанынан сәйкесінше екінші және үшінші дәрежелі қашықтау деп есептеуге болады. Атмогеохимиялық ореолдардың газ тәрізді компоненттері тотығу белдеміндегі химиялық реакцияларға қатынасып, сорбция (сіңірілу) және окклюзияға (бітелу) ұшырап, қатты фазаға ауысады. Бұл жағдай олардың литогеохимиялық шашырау ореолдарымен белсенді кері байланысын көрсетеді.



6.5-сурет. Геосфераларда геохимиялық аномалиялардың өзара байланысы:

I–V іздеу нысанынан қашықтау дәрежесі. Нұсқау тілдермен тура және кері байланыстың бағыттары көрсетілген

Түбірлік кенденумен жерасты суларының, сонымен қатар атмосфералық жауын-шашынның қайта түзілген литогеохимиялық ореолдармен және өзен суларының литогеохимиялық шашырау ағындарымен арақатынасы кезінде рудалы минералдардың еруі нәтижесінде туындайтын іздеу нысанынан екінші және үшінші дәрежелі қашықтауға гидросферадағы геохимиялық аномалиялар жатады. Осы гидрогеохимиялық ореолдар және шашырау ағындары алғашқы кенденуге және литогеохимиялық ореолдармен шашырау ағындарына химиялық реакциялар, сорбция және булану арқылы белсенді кері әсер етеді. Табиғи сулардың таужыныстарымен өзара байланысы кезінде рудалы элементтердің таралуындағы тепе-теңдік жалпы жағдайда қатты фазаның пайдасына қарай бағытталған болады.

Кендену белдемінде өсетін өсімдіктер жергілікті биогеохимиялық аномалиялардың пайда болуын анықтай отырып, сулы ореолдар және шашырау ағындарынан рудалы элементтердің жоғары мөлшерлерін шоғырландырады. Рудалы элементтердің өсімдіктермен жұтылуы қайтарылмайтын құбылыс емес болып келеді. Ылғалды жұту процесі кезінде рудалы кенорындардың үстіндегі атмогеохимиялық аномалиялардың биогенді бөлігін құрастырып, өсімдіктердің жеңіл ұшпалы металды органикалық қосылыстарды атмосфераға шығару қабілеті бар екені дәлелденген. Атмосфералық жауын-шашын арқылы осы газды компоненттер литосфераға және гидросфераға қайтып оралады. Өсімдіктердің табиғи ыдырауы және содан кейінгі олардың минералдануы кезінде жыл сайын рудалы элементтер гидросфераға ерігіш қосылыстар түрінде немесе литосфераға қатты минералды қалдықтар түрінде қайта оралады. Осындай кезекті байланыстардың тізбегі жануарлар ағзаларына қарай жалғасын табады.

Литогеохимиялық түсірулерден гидрогеохимиялық түсірулерге және гидрогеохимиялық түсірулерден биогеохимиялық түсірулерге ауысқанда рудалы кенорындар және анықталған геохимиялық аномалиялар арасындағы байланыс өте күрделі және қашық болып келеді. Биогеохимиялық және гидрогеохимиялық аномалияларға қарағанда қайта түзілген

литогеохимиялық ореолдар мен шашырау ағындары және кенорындардың алғашқы ореолдары кен денелермен анық тура байланыста болады. Анықталған литогеохимиялық аномалиялар күтілімдегі болжамды кенденудің масштабын бағалауға және сонымен қатар іздеу-барлау тау қазылымдары мен ұңғымаларды жүргізуге негіз болады.

7. ЛАНДШАФТЫ-ГЕОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

7.1. Ландшафтар туралы түсініктер

Пайдалы қазба кенорындарын геохимиялық әдіспен іздеу жұмыстары жер үстінде, химиялық элементтердің белсенді қазіргі механикалық, тұзды және биогенді миграциясы жағдайында, литосфераның атмосфера және гидросферамен мүшелену облысында жүргізіледі.

Нәтижесінде осы геохимиялық іздеулердің әдістемесі және анықталған лито-, гидро-, атмо-, және биогеохимиялық аномалияларды бағалау элементтердің гипергенді миграциясының заңдылықтарымен анықталады.

Құрлықтағы гипергенез процестерінің таралу тереңдіктері таужыныстардың бұзылуымен және элювиальді процестер арқылы қозғалмалы мору өнімдерін шығарумен анықталатын көптеген факторларға және олардың алуан түрлі байланыстарына тәуелді болады. Атмосфера суларының ерікті және тез миграциясы жүзеге асатын сарқылу (инфильтрация) белдемі деп аталатын грунтты сулардың тереңдігіне дейін бұл процестер біршама белсенді өтеді. Бұл белдемнің сулары оттегіге, көмір қышқылына, органикалық заттарға өте бай, сондықтан олар айтарлықтай тотығу және ерітуші кабілеттерімен сипатталады.

Грунт суларынан төмен деңгейлерде гидрографиялық торап (өзендер, көлдер және т.б.) жағына қарай жерасты ағындары жүзеге асады, осының негізінде гипергенді қабықтағы белсенді су алмасудың бір жалпы жоғарғы белдемі бөлінеді.

Гипергенез белдемінің құрамы мен құрылымында топырақты жамылғының алуан түрлі генетикалық типтері, мору қыртысы және тотығу белдемі, механикалық және химиялық шөгінділер, аккумуляцияның биогендік өнімдері, геохимиялық ландшафтар және олармен байланысты химиялық элементтер ерекше маңызды рөлге ие болады.

Гипергенез белдемімен бокситтің, каолиндердің, темірдің, марганецтің, никельдің, кобальттың, сирек элементтердің ірі кенорындары байланысты болады. Гипергенез белдемінде

әртүрлі ландшафтардың генетикалық және геохимиялық типтері (белдемді, аймақтық, қарапайым) қалыптасады.

Геохимиялық ландшафт – бұл өзара байланысты және өзара тәуелді табиғи факторлардың және процестердің кешендерімен шартталған, химиялық элементтер миграциясының ерекшеліктерімен өзгешелентін жер үстінің бір бөлікшесі. Мұнда негізгі процестерге жерүсті және жерасты ағындар, топырақ шығару процестері, биогенді аккумуляциялар және т.б. жатады.

Табиғи жағдайларда ландшафтар әртүрлі категориялармен көрсетілген: үлкен белдемдермен (тайга, дала, шөл дала), тектоникалық жарылымдармен және бедер мінезімен сипатталған ірі облыстармен, жергілікті ареалдармен және т.б. Топырақтың әртүрлі генетикалық типтері және әртүрлері геохимиялық ландшафтарды өте жақсы көрсетеді, себебі топырақтың біртектілігі нақты бір өсінділердің құрамына, топырақ түзуші жыныстардың біртекті құрамына, нақты бір макро- және микроклиматқа сәйкес келуі керек. Топырақтарда және табиғи суларда белсенді миграцияланатын және сол облыстағы, аудандағы және бөлікшедегі ландшафтың өзіне тән ерекше белгісін анықтайтын элементтер типоморфты деп аталады. Негізгі типоморфты элементтерге және иондарға мыналар жатады: Si, Al, Fe, H, Ca, Na, Mg, Cl, SO₄ және басқалары. Бұлардың миграциялары ландшафтарда топыраққа, табиғи суларға, өсінді жамылғыға өзінің таңбасын қояды және ландшафтардың барлық мінездерін байланыстың мықты себептерімен байланыстырады. Далалы белдемдерде ландшафтар үшін карбонаттар түзетін келесі элементтердің тіркестері тән - Ca, Mg, көмір қышқылы, аз дәрежеде - Na, Cl, H, сульфатты анион. Шөл далалы белдемдердегі ландшафтарда басты мигранттарға катиондар мен аниондар жатады. Олар хлоритті, сульфатты, және аз дәрежеде карбонатты тұздардың жаралуына алып келеді.

Ландшафтардың келесідей геохимиялық көрсеткіштері бөлінеді:

- 1) Ландшафта жыл сайын өндірілетін (немесе туындайтын) тірі заттардың саны;
- 2) Ландшафт құрамындағы тірі заттардың жалпы саны;

3) Тірі заттың сапасы, яғни организмдердің жеке түрлерінің және органогенді қосылыстардың ерекшеліктері (ақ уыздар, көмірсулары, лигнин (көміртегіне мол органикалық зат) және т.б.);

4) Өлі органикалық қалдықтар ыдырауының интенсивтілігі;

5) Ландшафта жинақталатын өлі органикалық заттардың (қарашірік, шымтезек және т.б.) саны және сапасы;

6) Жыл сайын биологиялық айналымға түсетін топырақтағы минералды элементтердің саны;

7) Биологиялық жұтылудың қатарлары (элементтерді жұтуға организмдердің таңдау қабілеттері);

8) Элементтер миграциясының коэффициенттері;

9) Типоморфты химиялық элементтер және иондар;

10) Табиғи сулардың геохимиялық ерекшеліктері;

11) Топырақтарда немесе морылу қыртысында жинақталатын минералды қосылыстар;

12) Топырақтың, тұнбаның, морылу қыртысының маңызды ауыстырушы катиондары;

13) Сирек және шашыранды элементтер;

14) Кеңістікте және уақытта ландшафтардың геохимиялық кереғарлығы (карама-қарсылығы) және геохимиялық түйіндесулер.

Осы геохимиялық көрсеткіштердің жиынтығы азды-көпті:

1) нақты бір ландшафтағы элементтердің және олардың қосылыстарының құрамы жайлы;

2) ландшафтарда, морылу қыртыстарында элементтердің миграциясы, шашырауы және концентрациясы жайлы;

3) организмдердің биологиялық және биогеохимиялық белсенділігі жайлы;

4) геохимиялық процестердің, содан кейін геохимиялық іздеулердің тенденциясы және бағыттылығы жайлы толық көріністерді бере алады.

Ландшафтардың 3 негізгі типтері бөлінеді:

- *қарапайым (элементарлы) ландшафт*

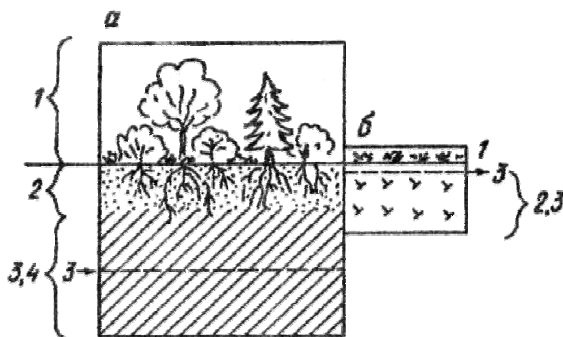
- *геохимиялық ландшафт*

- *тосқауыларалық ландшафт*

Қарапайым ландшафт (Б. Б. Полынов бойынша) «ол бір таужыныстан немесе тасындыдан құралған және өзінің әрбір тіршілік ету сәтінде өсімдік қоғамдармен көмкерілген нақты бір

бедерді сипаттайды. Осы барлық жағдайлар топырақтың нақты айырмашылығын құрайды және қарапайым ландшафтағы таужыныстар мен организмдер арасындағы арақатынастардың бірдей екенін дәлелдейді». Қарапайым ландшафтың бір ерекшелігі олардың таралу алаңын шектейтін ішкі себептердің жоқтығы. Яғни, сордың дағын қарапайым ландшафт деуге болады, ал батпақты төмпешіктерді және құмырсқаның илеуін қарапайым ландшафт деуге болмайды. Бірдей қарапайым ландшафтарда ұқсас геоморфологиялық шарттар, топырақтың бірдей түрлері, бірдей тақырлар, грунтты сулардың бірдей құрамы, бірдей топырақ төсеуші түбірлік таужыныстар болуы керек.

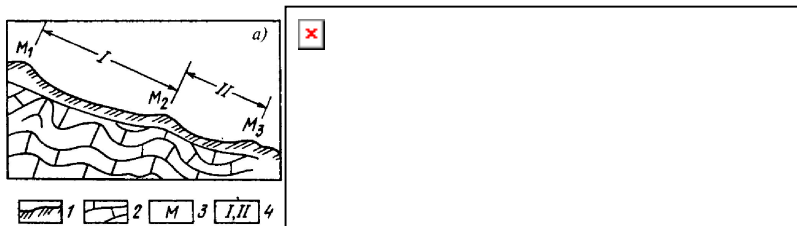
Қарапайым ландшафтарды сипаттау үшін ашылу алаңы және ландшафт қалыңдығы деген түсініктер қолданылады. Ашылу алаңы деп қарапайым ландшафтың барлық бөлігі көрсетілген алаңды айтамыз. Ал ландшафтың қалыңдығы топосферадағы шаңның таралу белдемінен грунтты сулар горизонтының арасындағы қашықтықпен анықталады. Тік бағытта қарапайым ландшафтар бір текті емес және жеке ярустарға бөлінеді. Олардың негізгілеріне – жер беті тірі заттардың, топырақтардың, аналық таужыныстары бар топырақ төсеуші морылу қыртыстарының ярустары бөлінетін ландшафтың жер бетіндегі бөлігі жатады (7.1-сурет).



7.1-сурет. Орманды (а) және батпақты (б) ландшафтардың тік кескіні:
1 – ландшафтың жер беті бөлігі; 2 – топырақ; 3 – сулы горизонт;
4 – мору қыртысы, түбірлік таужыныстар

Геохимиялық ландшафт – А. И. Перельман бойынша, «бұл өзара элементтер миграциясымен байланысқан, жанасқан қарапайым ландшафттардың парагенетикалық ассоциациясы». Біркелкі геохимиялық ландшафт құрайтын, қарапайым ландшафттар арасындағы байланысты жүзеге асыру үшін жерүсті және жерасты ағымдар маңызды рөлді атқарады. Геохимиялық ландшафттарды сипаттау үшін қалыңдық және ашылу алаңы терминдерінен басқа *жергілікті ландшафт* және *геохимиялық жанасу* терминдері енгізілген. *Геохимиялық жанасу* әрбір геохимиялық ландшафт үшін өзін түзетін қарапайым ландшафттардың заңды түрде тіркесін сипаттайды. Геохимиялық ландшафтың нақты геоморфологиялық құрылымына тән қарапайым ландшафттардың жиынтығы *жергілікті ландшафт* деп аталады. Қарапайым ландшафттарды жергіліктіге жинақтайтын геоморфологиялық құрылымдарға суайрық, баурайлар, террасалар және т.б. жатады.

Тосқауыларалық ландшафт деп элементтер миграциясының бірыңғай түрімен сипатталатын және бір класстағы екі геохимиялық тосқауыл арасында орналасқан қарапайым ландшафттардың жиынтығын айтамыз. Мұндай ландшафттарды бөлу миграцияның нақты бір түрімен ғана емес және де миграциялық ағымдағы элементтерді анықтаудың нақты түрімен байланысты болады. Яғни, механикалық тосқауылдар арасындағы қарапайым ландшафттар тұрақты және уақытша суларда минералды түрде кездесетін элементтердің механикалық миграциясымен біріктірілген (7.2 а-сурет). Механикалық тосқауылдарда саф алтын және платина, киноварь және т.б. сияқты ауыр минералдар құрамына кіретін осы элементтердің бір бөлігі уақытша өздерінің миграциясын тоқтатып концентрацияланады. Глейлі тосқауылдар арасында орналасқан қарапайым ландшафттар (7.2 б-сурет) сулы ерітінділер түрінде кездесетін элементтердің миграциясымен байланысты. Осы элементтердің бір бөлігі (Cu, Mo, U және т.б.) салыстырмалы қиын ерігіш түрлерге ауысып, глейлі тосқауылдарда өздерінің миграциясын тоқтатады.



7.2-сурет. Элементтер миграциясымен байланысты тосқауыларалық ландшафтар (қима):

- a* – механикалық (1 – топырақтар; 2 – түбірлік таужыныстар; 3 – механикалық тосқауылдар; 4 – бірінші және екінші тосқауыларалық ландшафтар); *б* – сулы ерітінділер түрінде (1 – топырақтар; 2 – батпақтану белдемдері; 3 – түбірлік таужыныстар; 4 – глейлі тосқауылдар; 5 – тосқауыларалық ландшафтар)

Тосқауыларалық ландшафтардың бөлінуі нақты ландшафты-геохимиялық жағдайларда кенорындарды шлихті іздеудің, қайта түзілген литогеохимиялық ореолдары және шашырау ағындары арқылы іздеудің тиімділігін арттыруға септігін тигізуі мүмкін. Ол үшін іздеудің алғашқы сатыларында, ең алдымен геохимиялық тосқауылдарды сынамалау жұмыстарын жүргізу қажет. Егер қарастырылып отырған мысалда (7.2 *a*-сурет) шашырау ағындары бойынша іздеудің нәтижелерінде алтынның елеулі концентрациясы үшінші механикалық тосқауылда байқалса, онда сулы ағынға түскен металдың көзі екінші (M_2) және үшінші (M_3) механикалық тосқауылдармен шектелген тосқауыларалық ландшафт ауқымында орналасқанын сенімді болжауға болады.

Дәл осылай тосқауыларалық ландшафтарды элементтердің миграция жағдайлары жиі ауысатын аудандарда кенорындарды қайта түзілген ореолдары бойынша іздеу кезінде, мысалы, әрбір бөлікше өзіндік глейлі тосқауылмен сипатталатын жазық нашар батпақталған баурайларда қолдануға болады. Егер молибденнің жоғары концентрациясымен сипатталатын бөлікше C_4 тосқауылына тураланған болса (7.2 *б*-сурет), онда ерітінді түрінде миграция-ланатын металдың ықтимал көзі үшінші тосқауыларалық ландшафт көлемінде орналасуы керек.

7.2. Ландшафтардың жіктемесі

Деңгейлер бойынша жіктеу қоршаған орта туралы көптеген мәліметтерді жүйелеуге, әртүрлі масштабта геохимиялық ландшафтардың картасын құрастыруға мүмкіндік береді және қоршаған ортаның және пайдалы қазба кенорындарын іздеу проблемаларымен байланысты маңызды қолданбалы тапсырмаларды шешуге мүмкіндік береді.

Бірінші жіктемелік деңгей. Бірінші деңгейде А. И. Перельман бойынша материя қозғалысының негізгі түрлерін ескеруді ұсынған. Қарастырылып отырған деңгейде ландшафтар олардағы миграцияның негізгі түрінің көптігіне байланысты *абиогенді, биогенді және техногенді* болып бөлінеді.

Абиогенді ландшафтың айқын ерекшелігіне – элементтердің биогенді миграциясының және элементтердің биологиялық айналымының жоқтығы жатады. Мұндай ландшафтарға Антарктиданың және Гренландияның орталық бөліктері, сонымен қатар мұздықтармен көмкерілген таулардың жоталары және шыңдары жатады. Осындай ландшафтардың ауқымында элементтердің механикалық және физика-химиялық миграциясы басым болады. Бұдан басқа, абиогенді ландшафтарға көп элементтер техногенез процестері есебінен түседі.

Биогенді (табиғи) ландшафтарда әрқашанда элементтердің биологиялық айналымы болады, ал элементтердің жетекші миграция түріне биогенді түрі жатады. Механикалық және физика-химиялық миграциялар бұл ландшафтарда бағынышты рөлге ие болып келеді. Биогенді ландшафтардың көп бөлігі үнемі өсетін антропогенді (техногенді) ықпалға түсетінін айта кету қажет.

Техногенді ландшафтарда элементтердің биологиялық айналымы едәуір дәрежеде бұзылған болады, ал миграцияның айқындаушы түріне техногенді қосылыстарына тән элементтердің кешені бойынша және олардың табиғатта орын ауыстыруының алшақтығы бойынша ұқсастықтары іс-жүзінде жоқ техногенді (әлеуметтік) миграция жатады.

Биогенді ландшафтардың техногенді ландшафтарға бірте-бірте ауысуының және ноосфераның құрылуындағы жылдамдық-тың артуының жалпы тенденциясы (үрдісі) байқалады.

Екінші жіктемелік деңгей. Екінші жіктемелік деңгейде биогенді ландшафтардың бөлінуі элементтердің биогенді миграциясының ерекшеліктеріне негізделеді. Оларды бағалау үшін биогенді миграцияның сандық рөлін және элементтің негізгі миграция түріне сәйкес келетін түрге ауысу жылдамдығын (табиғи ландшафтарда – бұл элементтердің сулы ерітінділерден, газды қоспалардан және минералды түрінен биогенді түрге ауысу жылдамдығы) есепке алынады. Одан басқа, топырақтың жойылуы нәтижесінде түсетін биогенді ландшафтарда өсімдіктердің (олардың жеке бөліктерінің) шіруімен байланысты болатын қайта ауысудың жылдамдығы да есепке алынады. Осындай есепке алудың негізгі көрсеткіштеріне жалпы биомассаның (Б) және жылдық өнімнің (Ө) шамалары жатады. Биомассаның жылдық өнімге қатынасының өзгеруіне байланысты биогенді ландшафтардың ішінде бес топ бөлінеді: 1) ормандар; 2) бетпақ далалар (шабындықтар, саванналар); 3) шөлдер; 4) тундралар және батпақтар; 5) қарапайым (жабайы) шөлдер. Олардың жаралуы және белдемді орналасуы негізінен климатпен анықталады. Топтар өз кезегінде $Ig \Theta / Ig B$ қатынасының (коэффициент К) өзгеруіне байланысты типтерге бөлінеді.

Үшінші жіктемелік деңгей. Барлық ландшафтар тікелей топырақтардағы химиялық элементтердің миграциясының ерекшеліктері бойынша бөлінеді. Себебі, өзіндік геохимиялық орталық деп есептеуге болатын табиғи ландшафтардың топырақтарында геохимиялық процестердің ең үлкен күші байқалады.

Бұдан басқа, топырақтар суларды және топырақ төсеуші тау жыныстарды жер беті атмосферасымен және тірі организмдермен байланыстыратын маңызды бөлігі болып табылады. Топырақтарда элементтердің орын ауыстыруы көбінесе оттегі және күкірт режимі, сілтілі-қышқылды жағдай және типоморфты минералдар жинағы деген сияқты факторлармен анықталады.

Әртүрлі ландшафты жағдайларда үш тотығу-тотықсыздану жағдайы бөлінеді: 1) еркін оттегілі тотығу жағдайы; 2) еркін оттегісіз және еркін көмірсутексіз глейлі тотықсыздану жағдайы; 3) көмірсутекті жағдай.

Сілтілі – қышқылды жағдай шартты түрде: өте қышқыл (рН 3-тен төмен); қышқыл және әлсіз қышқыл (рН 3-6,5); нейтралды және әлсіз сілтілі (рН 6,5-8,5); қатты сілтілі (рН 8,5 жоғары) болып бөлінеді.

Төртінші жіктелік деңгей. Бұл деңгейде биогенді және техногенді ландшафтар элементтердің әуелі (атмосфералы) миграциясының ерекшеліктерін есепке ала отырып бөлінеді. Келесі ландшафтар бөлінеді: 1) әуелі эрозияға ұшырағыш ландшафтар; 2) әуелі эрозияға ұшырамайтын ландшафтар; 3) золды материалдардың қазіргі шөгінділері бар ландшафтар.

Бесінші жіктелік деңгей. Бұл деңгейде ландшафтар ауданның геоморфологиялық ерекшеліктеріне байланысты бөлінеді. Үлкен аумақтарды қамтитын ұсақ масштабты зерттеулерді жүргізу кезінде және де таулы жағдайларда жұмыс істеу кезінде келесі ландшафтарды бөлу ұсынылады: 1) жазық облысты; 2) аласа және орта таулы; 3) биік таулы облысты ландшафтар. Бұл ландшафтар гравитацияның негізгі күштерімен анықталатын миграция процесінің қарқындылығы бойынша өзгешеленеді.

Алтыншы жіктелік деңгей. Бұл деңгейде ландшафтардың бөлінуі түбірлік таужыныстар құрамының өзгеруіне байланысты жүзеге асады. Түбірлік таужыныстарда және олардың әсерімен топырақтардың қалыптасуы болады. Өртүрлі ландшафтарды бөлу үшін ең алдымен шөгінді таужыныстарды, карбонатты-терригенді және терригенді таужыныстарды жіктеу қажет. Осындай бөлулер олардың топырақтың карбонаттылығына және сілтілілігіне үлкен ықпалымен шартталады.

Магмалық таужыныстар ландшафтарды жіктеу кезінде қышқылды және негізді таужыныстар деп бөлінеді. Қарқынды метаморфталған таужыныстар бөлінеді.

Аймақтарды ұсақ масштабты ландшафты – геохимиялық аудандастыру рудалы кенорындарды геохимиялық іздеудің әдістемесін негіздеуде маңызды болып келеді. Оның негізгі міндеттеріне жербетілік литогеохимиялық зерттеулердің жүргізілуі тиімді болмайтын аудандарды бөлу болып табылады.

7.3. Геохимиялық түсірулер

Пайдалы қазба кенорындарын іздеу кезінде геохимиялық өрістерді зерттеу, геохимиялық түсіру әдістері арқылы жүргізіледі. Геохимиялық түсіру әдісінің негізінде геохимияның келесідей 4 негізгі тұжырымдары жатыр:

1. Геосферадағы элементтердің жалпы шашырау заңы.
2. Элементтердің жалпы миграциясы (жылыстау) заңы.
3. Табиғатта элементтердің кездесу түрлерінің әралуан болу заңы.

4. Жер қыртысындағы элементтердің шашыраңқы күйінің концентрацияланған күйіне қарағанда басым болу заңы.

Өндірістік жағдайына байланысты геохимиялық түсірулер: жерүстілік, әуелік және жерастылық геохимиялық түсірулер болып бөлінеді. Геохимиялық түсірулер сынамаларды алу арқылы да немесе сынамаларды алмай белгілі бағыт бойынша белгілі профильдер арқылы химиялық элементтер мөлшерін үзіліссіз анықтау арқылы жүргізіледі.

Геохимиялық түсірулердің негізінде алдын ала таңдалған бағыттар, яғни профильдер немесе маршруттар бойымен химиялық элементтердің мөлшерлерін жүйелі түрде өлшеу жатыр. Алаң бойынша (немесе тереңдікке) таралған осындай геохимиялық сынамалау профильдерінің жүйесі геохимиялық түсірулердің бөлікшесін құрайды, ал сонымен бірге анықталған геохимиялық аномалиялар бағалауды қажет ететін нысана ретінде қарастырылады. Сынамаланатын заттарға байланысты, зерттелетін геосфералардың атаулары бойынша литогеохимиялық, гидрогеохимиялық, атмогеохимиялық (газды) және биогеохимиялық іздеу әдістері және оларға аттас геохимиялық түсірулердің түрлері бөлінеді.

Жұмыс жүргізудің жағдайы бойынша геохимиялық түсірулердің жерүсті (жаяу және көліктік), әуелік (ұшақтық және тік ұшақтық) және жерасты түрлері бөлінеді. Геохимиялық түсірулер профиль бойынша химиялық элементтердің мөлшерлерін үздіксіз анықтау арқылы сынамаларды алу және сынамаларды алмай (аспаптармен өлшеу арқылы) жүзеге асырылады.

Литогеохимиялық түсірулер кезінде жер бетіндегі таужыныстар, тау қазылымдары, ұңғымалар, таужыныстардың және топырақтардың қазіргі немесе көне морылу өнімдері сынамаланады. Іздеу литогеохимиялық түсірулер кезінде сынамаларда 35-45 кейде 55 химиялық элементтердің мөлшерлері анықталады. Қазіргі таңда бір уақытта бірнеше элементті анықтайтын байланыс немесе қашықтықтық әдістері жоқ, бірақ қандай да бір химиялық элементке (Be, B, F, Hg) немесе бірнеше элементтердің жиынтығына (Pb, Zn, Cu) «Поиск» деп аталатын аспап арқылы сынамаларды алмай геохимиялық түсіру жұмыстары жүргізілуде. Барынша көп және аса тиімді қолданысқа бір уақытта уранның (радон бойынша) торийдің және калийдің мөлшерлерін анықтайтын гамма-спектральді – жаяу, көліктік және әсіресе аэрогеохимиялық түсірулер ие болды. Гидрогеохимиялық түсірулер кезінде іздеу мақсатында табиғи жерүсті және жерасты сулары сынамаланады. Атмогеохимиялық түсірулер жерасты атмосферасын (топырақты ауаны) сынамалау арқылы жүргізіледі, сирек жер маңы атмосферасының құрамы анықталады. Іздеу биогеохимиялық түсірулер өсімдіктердің химиялық құрамын зерттеу арқылы жүргізіледі.

Мақсатына байланысты геохимиялық түсірулер келесілерге бөлінеді: 1) алдын ала тексеру; 1:1000000 және одан да кіші; 2) іздеу түсірулері кенді аудандарда алдымен 1:200000, содан кейін 1:50000 масштабта; 3) дәлдікті түсірулер, алдын ала белгіленген бөлікшелерде 1:10000 масштабта жүргізіледі; 4) барлау түсірулері кенді өрістер көлемінде 1:1000 және одан да ірі масштабта жүргізіледі.

Геохимиялық түсірулерді нақты бір масштабқа жатқызу үшін картаның 1 см² бөлігіне 1 бақылау нүктесінен кем емес бақылау тығыздығы болуы керек. Литогеохимиялық түсіру кезінде бақылау тығыздығы төмендегі кестеде көрсетілген.

Литогеохимиялық түсіру кезіндегі бақылау нүктелерінің
ТЫҒЫЗДЫҒЫ

Масштаб	Профильдер арасындағы қашықтық	Сынамалау қадамы	Бақылау нүктелерінің тығыздығы	
			картаның 1 км ² бөлігіне	картаның 1 см ² бөлігіне
1:50 000	500	50-100	40-20	10-5
1:10 000	100	20-45	500-400	5-4
1:5 000	50	10-20	2000	5
1:2 000	25	10	4000	2-3

Рудалы кенорындар бір уақытта бірнеше аномалиялармен (литогеохимиялық, гидрогеохимиялық, атмогеохимиялық, биогеохимиялық) көрініс беруі мүмкін. Бірақ мақсаттылық (немесе пайдалылық) ниет негізінде геохимиялық іздеулер тек қана бір әдіспен, сирек жағдайларда екі әдіспен жүргізілуі керек. Жинақталған тәжірибелер геологиялық жағдайлардың кең ауқымында рудалы кенорындарды іздеу үшін литогеохимиялық зерттеулердің артықшылығы бар екенін көрсетті. Қазіргі таңда литогеохимиялық іздеу жұмыстары геохимиялық іздеу әдістерінің ішінде рудалы кенорындарды іздеуде алғашқы орында тұратын әдіс болып саналады.

Геохимиялық түсірулер кезінде нақты геологиялық ландшафтарда және басқа да жағдайларда барынша көп геологиялық-экономикалық нәтиже беретін геохимиялық түсірудің түрін қолдану орынды болады.

8. РУДАЛЫ КЕНОРЫНДАРДЫҢ АЛҒАШҚЫ ОРЕОЛДАРЫ

8.1. Жалпы мағлұматтар

Ореол дегеніміз кенорынның жаралуымен немесе бұзылуымен генетикалық байланыста болатын, кенорны маңайындағы жоғары концентрациядағы кенді заттардың облыстары. Алғашқы және қайта түзілген ореолдар бөлінеді.

Пайдалы қазбаның кез келген кен шоғыры пайдалы компоненттердің өнеркәсіптік мөлшерінің шеткі аймақтарында жергілікті фонға бірте-бірте жақындайтын олардың кеміген мөлшерінің облыстарымен қоршалған.

Эндогенді, экзогенді (алғашқы-шөгінді) немесе метаморфогенді процестерде кенжаралу кезінде кен денелермен бір уақытта жаралған, кен маңайындағы (түбірлік) таужыныстардағы кенді немесе ілеспе элементтердің жоғары мөлшерлі белдемі алғашқы ореолдар деп аталады.

Кенді дене және оның алғашқы ореолы арасындағы шекара көбінесе геологиялық емес, тек қана уақытша, өнеркәсіптік кендерді баланстан тыс кендерден бөлетін экономикалық мәнге ие. Кендердегі металдардың орташа мөлшеріне, демек төменгі өнеркәсіптік (борттық) мөлшеріне қойылатын талаптарды қайта қарастыру кезінде кен денесінің пішіні оның алғашқы ореолдарымен шекарасында сәйкесінше өзгереді.

Бірақ, кенорынның немесе кен денесінің алғашқы геохимиялық ореолы туралы түсінік «баланстан тыс кендер» туралы түсініктен кең болады. Соңғыларының сыртқы контуры тек қана пайдалы металдың борттық мөлшеріне қарағанда төмен мөлшермен анықталады және олар кейіннен перспективті өнеркәсіптік өндеуге түсуі мүмкін.

Алғашқы ореол металдар мөлшері бар аз ғана дәрежеде жергілікті фондық мөлшерден асатын кен сыйыстырушы таужыныстар белдемін кіріктіреді, сонымен қатар шоғырдың пайдалы компоненті болмайтын кенденудегі серіктес-элементтердің аномалды мөлшерінің белдемін кіріктіреді.

Алғашқы ореолдың шеткі аймақтары бойынша рудалы элементтердің мөлшері бірте-бірте фондық мөлшерге жақындайды, бұл жағдай оның күрделі конфигурациясын және оның сыртқы шекарасының шартты түрде екенін анықтайды.

Қарапайым жағдайларда негізгі рудалы элементтің алғашқы ореолы кеңейтілген шекараларда кенді дененің пішінін қайталайды. Серіктес-элементтердің алғашқы ореолдарының контуры кен денелерінің пішінінен өзгеше болуы мүмкін.

Негізінен, кенорындарды олардың алғашқы ореолдары арқылы іздеу рудалы кенорындардың мысалында қарастырылады, бірақ бұл әдістеменің негізгі ережелері кез келген қатты пайдалы қазбаларды іздеу кезінде қолданылады, және де мұнай мен газ кенорындарын іздеу кезінде қолдануға болады.

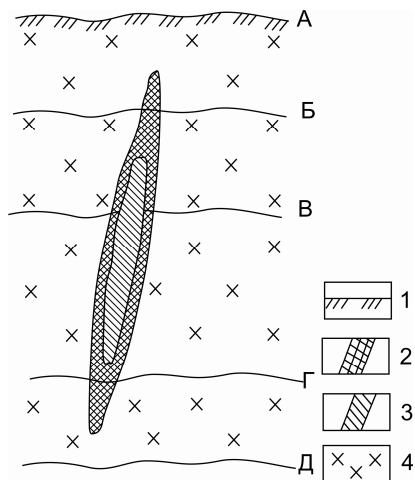
Кенсыйыстырушы таужыныстардағы литогеохимиялық аномалияларды «алғашқы ореолдар» деп атауға тек қана кен денесі немесе кенорны маңында оның дамуы дәлелденген немесе болжанған жағдайда болады.

Алғашқы ореолдардың жаралуы кентүзілуге міндетті болғандықтан, яғни химиялық элементтердің концентрациялану процестеріне байланысты болғандықтан, оларды «шашырау ореолдары» деп атауға болмайды, бұл терминді бұрын қалыптасқан кенорындардың шашырауы және бұзылуы процесі кезінде жаралатын қайта түзілген геохимиялық ореолдарды атаған кезде қолданған орынды болады.

Рудалы элементтің алғашқы ореолы төменгі аномалды мөлшердің шекарасында, алғашқы жақындағанда, кеңейтілген түрде кенденудің құрылымдық-тектоникалық, магмалық немесе литологиялық-стратиграфиялық бақылауына бағынатын шегінулермен кенді дененің контурын қайталайды.

Кенді дене және оның алғашқы ореолы арасындағы шекара геологиялық мәнге емес, өнеркәсіптік кендерді баланстан тыс кендерден бөлетін тек қана уақытша экономикалық мәнге ие болады.

Алғашқы ореол металдар мөлшері бар аз ғана дәрежеде жергілікті фондық мөлшерден асатын кенсыйыстырушы таужыныстар белдемін кіріктіреді. Алғашқы ореолдардың контурлары кейде кенді дененің пішінін қайталайды, ал кейде кенді дене пішінінен өзгеше болып келеді (8.1-сурет).



8.1-сурет. Кен денесінің және оның алғашқы ореолының денудациялық қимасының дейгейлері:

1 – алғашқы жер беті; 2 – кен денесі; 3 – негізгі кенді элементтің алғашқы ореолы; 4 – кенсійістырушы таужыныстар

А деңгейі – соқыр алғашқы ореолмен бірге кездесетін соқыр кен денесінің орналасу жағдайына сай келеді;

Б деңгейі – соқыр кен денесімен қоса кездесетін кенүсті алғашқы ореолды ашады;

В деңгейі – кен денесін және оған жалғасатын алғашқы ореолды ашады;

Г деңгейі – кен денесі денудациямен жойылған, бірақ алғашқы ореолдың кенасты интервалы сақталған жағдайға сай келеді;

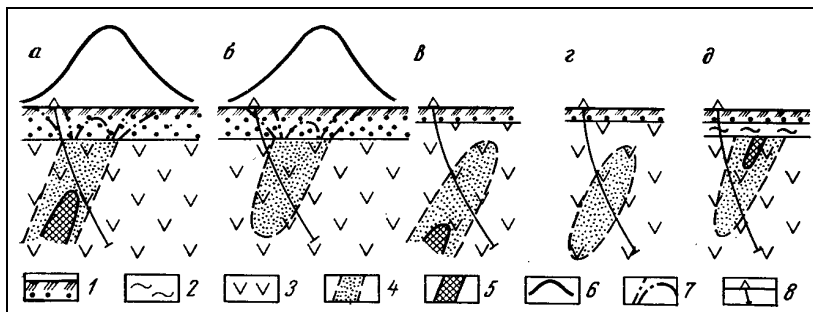
Д деңгейі – түбірлік кенорындардың және олардың алғашқы ореолдарының гипергенді процестермен толығымен жойылу сатысына сай келеді.

Кен денемен бір уақытта жаралмаған, басқа процестердің нәтижесінде жаралған кенді элементтердің аномалды мөлшерлері оның алғашқы ореолы деп аталмайды.

Литогеохимиялық аномалиялар анықталғаннан кейін бағалауды қажет етеді. Бұл тапсырма егер бай және қалың кенді денесін ұнғымамен, канавамен немесе шурфпен ашқан жағдайда

барлау әдістемесінің облысына араласады, бірақ бұл жағдайда да геохимиялық зерттеулер жетекші рөлді атқарады.

Маңызды геологиялық-іздеу міндеттеріне шешудегі геохимиялық әдістерге жататын негізгі рөлді олардың жасырын кен денелердің алғашқы ореолдарының қатарына жататынын болжауға рұқсат беретін кенді минералданудың өнеркәсіптік емес білінімдерін бағалау жатады (8.2-сурет).



8.2-сурет. Алғашқы геохимиялық ореолды ашудың әртүрлі варианттары. Қазіргі беттегі кендену: *а* – алғашқы кенүсті ореолы; *б* – шашыранды минералдану белдемі (ШМБ) немесе кенасты ореолы. Жасырын орналасқан кендену: *в* – соқыр кен денесінің алғашқы кенүсті ореолы; *г* – ШМБ; *д* – көмбеленген кенорынның кенасты алғашқы ореолы.

1 – элювий-делювий; 2 – алыстан келген шөгінділер;

3 – кенсыйыстырушы таужыныстар; 4 – бейөнеркәсіптік минералдану немесе алғашқы ореол; 5 – кен денесі; 6 – гипергенді шашырау ореолындағы кенді элемент мөлшерінің графигі;

7 – туынды шашырау ореолы; 8 – іздеу ұңғымасы

Суреттен байқағанымыздай барлық бес ұңғыма минералдану белдемін қиып өткен, бірақ *а* және *в* жағдайында бейөнеркәсіптік минералдану тереңдікке барлауға тұрарлық болып келеді.

Анықталған аномалияның кенүстіндегі ореолға немесе басқа кенді горизонттарға жататынын шешу мәселесі кенденудің генетикалық типін ескере отырып, оның тұрақты геохимиялық сипаттамаларын талдау негізінде қабылданады.

Кен денесі және оның алғашқы ореолы біртұтас күрделі құралған литогеохимиялық аномалия – шартты сыртқы контурлы

және химиялық элементтердің таралуының нақты ішкі заңдылықтары бар кенді минералдану белдемі ретінде қарастырылуы қажет.

Кенді белдемдердің ішкі құрылыстарының заңдылықтары әртүрлі генезисті, негізгі өнеркәсіптік типтердің жақсы барланған кенорындарын геохимиялық зерттеу негізінде анықталады.

Эталонды кенорындардың ореолдық және рудалы кескіндерін сипаттайтын параметрлердің сандық шамалары іздеу кезіндегі литогеохимиялық аномалияларды бағалаудың критерийлері болып келеді.

Эндогенді кенорындардың алғашқы ореолдары біршама толық зерттелген. Соның ішінде гидротермалды кенорындардың алғашқы ореолын зерттеуге көп көңіл бөлінген. Оларға Н. И. Сафроновтың, С. В. Григорянның, Л. Н. Овчинниковтың, В. З. Фурсовтың, Н. А. Озерованың, Н. М. Страховтың еңбектері жатады.

Тереңдіктен жер бетіне бағытталған, таужыныстарында әлсіз белдемдер бойымен қозғалатын, ыстық газ-сұйықты жоғары минералданған ерітінділерден металдардың түсіп қалуы нәтижесіндегі гидротермалды кенжаралу туралы түсініктер көпшілік мақұлдаған болып келеді.

Гидротермалармен металдардың тасымалдануы галоидты кешендер, гидросульфидті кешендердің және CO_2 қатысуымен негізінен $\text{Na} [\text{MeCl}_4]$ немесе $\text{Na} [\text{MeCl}_3]$ типті хлоридтер, кейде фторидтер түрінде болады. Гидротермалардан рудалы минералдардың шөгуі (тұнуы) T және P құлауының нәтижесінде, ерітінділердің бүйірлік таужыныстармен және сулармен арақатынасы нәтижесінде, pH және Eh өзгеруі нәтижесінде болады.

Гидротермалардың көп компоненттігі және ерітіндінің жеке бір компоненттерінің шөгуі жағдайларының әртүрлі болуы кенденудің минералогиялық және химиялық белдемділігін анықтайды.

Ерітінділердің арынды ағынының болжамды бағыты бойынша - ореолдардың өлшемдері жүздеген метрлерге жететін кен денелердің көтерілуі және құлауы бойынша алғашқы ореолдар максималды таралады.

Кенді белдемдердің созылу бағытына тік бағытта ерітінділердің диффузиясы нәтижесінде туындаған кен маңындағы алғашқы ореолдар біршама шектелген болады.

Бірақ, кенорындардың кен маңы алғашқы ореолдары жиі бүйірлік таужыныстар жарықшақтықтарының бірте-бірте сөнуі белдемін басып ала отырып, инфильтрация және ерітінділердің диффузиясының үйлесуі нәтижесінде қалыптасады.

Осының нәтижесінде гидротермалды кенорындардың алғашқы ореолдары қимада кенді элементтердің аномалды және жоғары фон маңы мөлшерлерінің ырғақтылығымен сипатталатын күрделі пішінге ие болады.

Алғашқы ореолдарда және гидротермалды кенорындардың кендерінде олардың кенжаралу процесі кезінде қатысқанын нақты көрсететін 30-35-ке дейін және одан да көп элементтер аномалды концентрациялар туғызады.

Кенорындардың алғашқы ореолдарына кен маңы гидротермалды өзгерген белдемдер де жатады. Оларды контурлау көбінесе көзбен шолу (түстері бойынша) арқылы жүргізіледі, сирек К, Na, Si, Al, Mg, Fe және т.б. петрогенді элементтерді химиялық талдаудың мәліметі бойынша жүргізіледі. Осы элементтердің қосылуы және шығарылуы кентүзілумен қатар жүретін серициттену, кварцтану, доломиттену, гематиттену және т.б. процесі кезінде жүзеге асады.

Бірақ, өзгерген таужыныстардың кең белдемдерінің қалыптасуы кенденумен байланысты болмайды немесе олар кенге дейінгі сатыларда қалыптасады және тек жанама іздеу белгілері болып табылады.

Алғашқы ореолдардың изоконцентраттары бойынша соқыр кен шоғырының эпицентрін көрсете алатын рудалы элементтердің аномалды мөлшерлері тура іздеу мәніне ие болады.

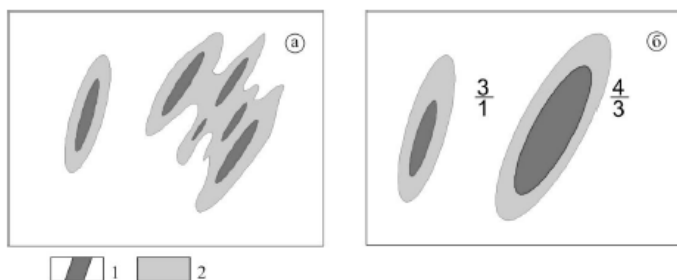
8.2. Алғашқы ореолдардың параметрлері

Алғашқы ореолдардың параметрлеріне келесілер жатады:

- 1) элементтік құрамы;
- 2) морфологиясы;
- 3) белдемділігі;
- 4) өнімділігі.

Ореолдың элементтік құрамы жалпы кен денесінің құрамын көрсетеді және геохимиялық спектрмен сипатталады. Геохимиялық спектр – кларкқа қатысты концентрация коэффициентімен көрсетілген ореолдың заттық құрамының сипаттамасы ($KK = \text{Сорт/кларк}$).

Планда және қимада ореолдың морфологиясы көбінесе кен денесінің пішінімен анықталады, бірақ, егер кен денелері бір-біріне жақын орналасқан болса ореолдың пішіні күрделі болады (8.3 а-сурет). Алғашқы ореолдардың өлшемдері элементтің концентрациясына, таужыныстардың өткізгіштігіне, кен денесінің мөлшеріне байланысты болады. Мынадай эмпирикалық (тәжірибеге негізделген) анықталған тәуелділік (байланыстылық) бар: егер кен денесі ірі және бай болса, онда алғашқы ореолдың кен денесіне қатысты салыстырмалы өлшемдері кіші болады (8.3 б-сурет).



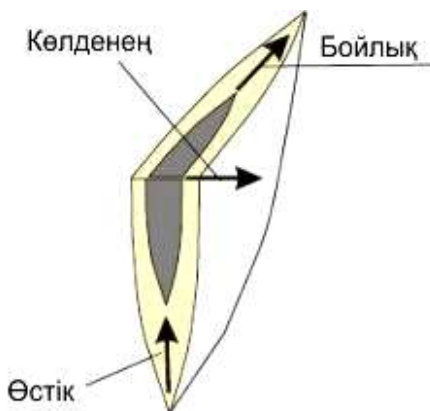
8.3-сурет. Кен денелерінің алғашқы ореолдары:

а – алғашқы ореолдардың морфологиясы; б – алғашқы ореолдар мен кен денелері көлемдерінің арақатынасы; 1 – кен денелері; 2 – алғашқы ореолдар

8.3. Алғашқы ореолдардың белдемділігі

Алғашқы ореолдардың белдемділігі ореолдың әртүрлі бөліктерінде элементтер мөлшерлерінің заңды өзгеруімен сипатталады. *Өстік*, *бойлық* және *көлденең* белдемділіктер бөлінеді (8.4-сурет). *Өстік белдемділік* гидротермалды ерітінділердің бағытында дамиды, ал егер кен денелері тік құлаған жағдайларда вертикалды белдемділікпен сәйкес келеді.

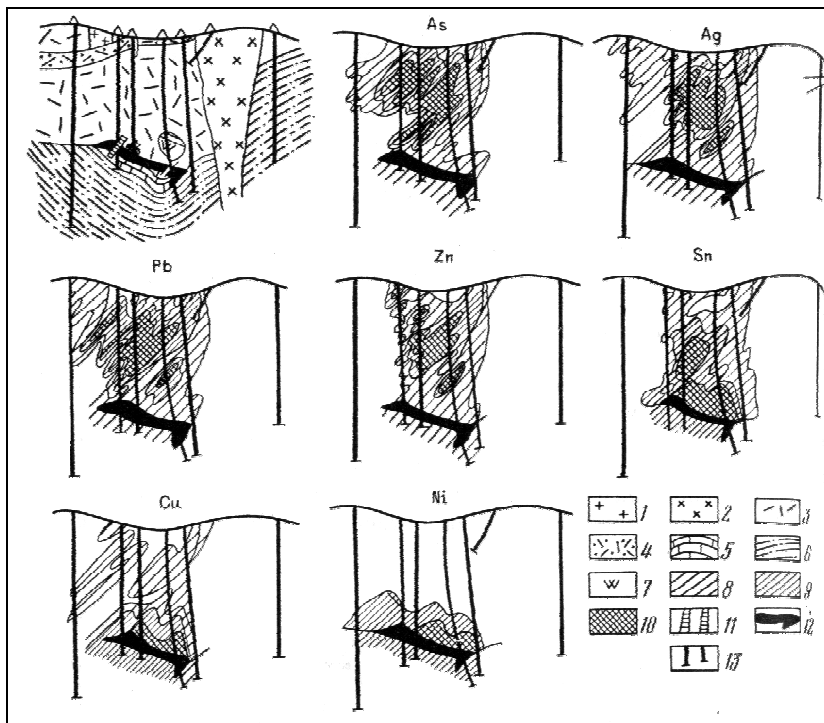
Көптеген субгоризонтальды кен денелері үшін горизонтальды (бүйірлік) белдемділікпен сәйкес келеді. *Бойлық белдемділік* созылуы бағыты бойынша ореолдардың белдемді құрылысын сипаттайды. Субгоризонтальды орналасқан кен денелері үшін ореолдардың үйлесімді дамуы жағдайында бойлық белдемділік горизонтальды сияқты анықталады және өстік белдемділікпен сәйкес келеді, ал көлденеңді вертикалды белдемділіктің аналогы болып келеді.



8.4-сурет. Алғашқы ореолдардағы белдемділіктің типтері

Көлденең белдемділік кен денесінің созылуына тік бағытта элементтер мөлшерлерінің заңды өзгерулерін көрсетеді. Көлденеңді белдемділік кендердің құрамына, сыйыстырушы таужыныстардың түріне тығыз байланысты болып келеді. Осындай тәуелділік көлденеңді белдемділікті болжамды соқыр кенденуді анықтау критерийі ретінде қолдануға мүмкіндік береді.

Геохимиялық іздеулердің әдістемесі үшін кенжаралудың белдемділігі маңызды мәнге ие болады, яғни кенденудің екі немесе бірнеше компоненттері арасындағы қарым-қатынастардың кенді белдемнің сағалануы, құлауы және қалыңдығы бойынша заңды түрде өзгеруі (8.5-сурет).



8.5-сурет. Николаевское кенорнының алғашқы геохимиялық ореолдары:

- 1 – кварцты порфирлер; 2 – габбро-диориттер; 3 – туфтар және кварцты порфирлердің туфобрекчиялары; 4 – туффиттер;
 5 – актастар; 6 – алевролиттер, құмтастар; 7 – кремнийлі таужыныстар; 8,9 – алғашқы ореолдар (8 – азырақ интенсивті, 9 – тым интенсивті); 10 – максималды концентрациялар өрісі; 11 – порфириттер дайкалары; 12 – кен денелері; 13 – ұңғымалар

Эммонс (1924) рудалы элементтер түзілуіндегі белдемділіктің қатарын анықтаған: Sn, W, As, Bi, Au(1), Cu, Zn, Pb, Ag, Au(2), Sb, Hg.

С. В. Григоряның, Л. Н. Овчинниковтың еңбектерінде гидротермалды сульфидті кенорындардың алғашқы ореолдарының тік бағыттағы белдемділігі біршама толық зерттелген, олар 300 әртүрлі кенорындарды зерттеу нәтижесінде элементтердің түзілу белдемділігінің қатарын берген (төменнен жоғары қарай):

W(1) – Be – As(1) – Sn(1) – Au(1) – U – Mo – Co – Ni – Bi – W(2) – Au(2) – Cu(1) – Zn – Pb – Sn(2) – Ag – Cd – Au (3) – Cu(2) – Hg, As(2), Sb – Ba, оң жақтан бұл қатарды - Te, J толықтыруға болады. Л. Н. Овчинников 35-40 басты индикатор-элементтер арасынан 8 «тесіп өтуші» элементтерді - Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Sn, Mo, Ba бөлген, олар көптеген генетикалық типті эндогендік кенорындардың алғашқы ореолдарын құрайды; 7 элемент - Sc, Ti, Cr, V, Sr, Y, Zr – литофильді және сидерофильді металдар кенорындарының алғашқы ореолдарының компоненттері; 5 элемент - Be, Na, K, Bi, W – литофильді кенорындардың алғашқы ореолдарының жаралуы кезінде қатысады (алтын кенді, сирек металды, флюоритті).

Көптеген кенорындардың ореолдарынан жарықтандыру белдемінің жаралуымен қатар темірдің (Fe) шығуы мүмкін, сонымен қатар темір тобының элементтері - Ti, V, Cr, Sc және т.б. шығады.

Л. Н. Овчинников, көрсетілген белдемділіктің қатарларын талдай отырып, гидротермалды кенденуді сипаттау үшін «жоғары температуралы» (Sn, W, Mo, Co және т.б.), «орта температуралы» (Ni, Cu, Zn, Pb) және «төмен температуралы» (Ag, As, Sb, Hg, Ba және т.б.) элементтер және ассоциациялар туралы түсініктерді пайдалануды ұсынады.

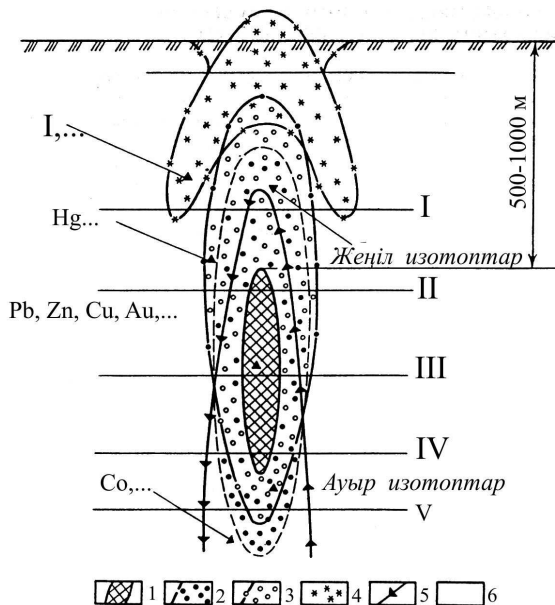
Эндогенді кенорындардың алғашқы ореолдарының талдап қорытылған (жалпыланған) моделін қарастырайық (8.6-сурет).

1.Тік құлаған полиметалды кен денелердің айналасында негізгі кенді элементтер (Pb, Zn, Cu, Au ...) оның пішінін шартты түрде қайталайтын алғашқы ореолдарды құрайды.

2. Біршама төмен температуралы серіктес-элементтер (Ag, As, Hg, ...) кен денесіне қатысты көтерілу бойынша ығыстырылған алғашқы ореолдарды құрайды; кенүсті кеңістікте оңай ұшатын элементтердің ореолдары оқшауланады (Cl, Br, J, Li, F).

Бұл суретті кен денесінің ортасынан құлау бағыты бойынша ығыстырылған жоғары температуралы ассоциациялардың (W, Mo, Co, ...) элементтері толықтырған.

Гидротермалды кенорындардың басқа типтері үшін негізгі рудалы элементтер - Sn, W, Mo, Be, өнеркәсіптік емес серіктес-элементтер - Cu, Pb, ал кенүсті оңай ұшатын компоненттердің ореолына F және Li тиесілі болады.



8.6-сурет. Гидротермалды кенорынның алғашқы ореолының жалпыланған сұлбасы (А.П.Соловов бойынша):

1 – кен денесі; 2 – қорғасын ореолы; 3 – сынап ореолы; 4 – йод ореолы; 5 – кобальт ореолы; 6 – қазіргі денудацияланған бет. Рим сандарымен горизонттар номерлері белгіленген.

Нақты горизонттағы элементтердің ассоциациясы бойынша кенорынның эрозиялық кимасы туралы пайымдауға болады.

Қазіргі жер бетінде және оған жақын орналасқан кенсіңістырушы таужыныстардың горизонттарында соқыр кен денелердің тереңдікте (500-1000 м-ге дейін) орналасу жағдайында алғашқы ореолды тек қана йод (J) құрайды. Кенүсті горизонтының (I) деңгейінде сол йод сынап және қорғасын ореолдарының екі жағында орналасқан екі оқшауланған аномалия құруы мүмкін.

Сынаптың және қорғасынның кедей ореолды мөлшерлері кенді белдемнің (I) және (V) горизонттарына бірдей тән болуы мүмкін. Сондықтан, типоморфты кешендегі элементтердің абсолютті мөлшерлері бойынша кенүсті (I) және (V) кенасты

горизонттарды бір-бірінен ажырату мүмкін емес, бұл мәселе белдемді қатарда өзара орналасқанын сипаттайтын екі элементтің сандары арасындағы қатынастарының графигін салу арқылы тек қана элементтер арасындағы мөлшерлердің арақатынасы бойынша шешіледі.

Төмен температуралы және оңай ұшатын элементтердің кенді белдемнің жоғары горизонттарына тартылуынан басқа, кенүсті ореолдар элементтердің жеңіл изотоптармен байытылуы мүмкін, яғни төменгі горизонттар – төменгі изотоптармен олардың әртүрлі диффузиялық (араласу) қозғалмалылығы есебінен байытылады.

Гидротермалды кенорындардың кенүсті алғашқы ореолдарының өнеркәсіптік кендердің жоғарғы жиегі үстінде жалпы ұзындығы 300-500 м. жетеді және 1000 м. жоғары болады.

8.4. Алғашқы ореолдардың өнімділігі

Алғашқы ореолдардың өнімділігі ореол көлемінің химиялық элементтің фондық мөлшеріне туындысы (көбейтіндісі) ретінде есептеледі. Алғашқы ореолдардың маңызды параметріне оның сызықты өнімділігі жатады. Сызықты өнімділік деп сынамалау сызығы (профилі) бойымен ореолдағы металдың санын айтамыз. Осы көрсеткішті ұңғыма бойынша, канава және тау қазылымдар бойынша тұрақты сынамалау қадамы кезінде нақты горизонт (кима) үшін келесі формуламен анықтайды:

$$M = \Delta x (\sum Cx - n C\phi)$$

мұнда, Δx – сынама алу қадамы, яғни іздеу профиліндегі сынама алу нүктелерінің арасындағы қашықтық;

Cx – сынамалау нүктелеріндегі элемент мөлшерінің мәні;

$C\phi$ – элементтің фондық мөлшерінің шамасы;

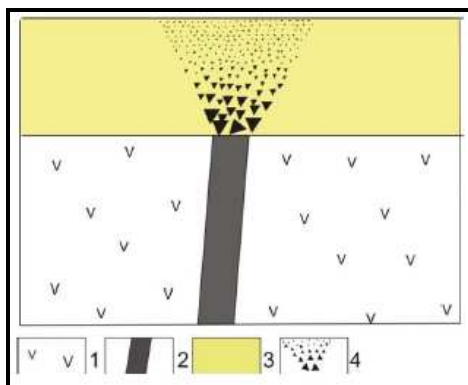
n – қарастырылып отырған ореолға кіретін аномалды сынамалардың саны немесе бақылаулар саны.

9. ПАЙДАЛЫ ҚАЗБА КЕНОРЫНДАРЫНЫҢ ҚАЙТА ТҮЗІЛГЕН ШАШЫРАУ ОРЕОЛДАРЫ

9.1. Шашырау ореолдары қалыптасуының жалпы заңдылықтары

Өзінің генетикалық типіне және пайдалы қазбалардың түріне тәуелсіз әрбір кенорны өзінің қалыптасуынан кейін оны құрайтын компоненттердің қайта бөлінуіне (миграциясына) алып келетін сыртқы агенттердің әсеріне ұшырайды. Морылу және денудация процестерінің өзара әрекеттесуі нәтижесінде бұрын қалыптасқан кенорындарының шашырауы және біртіндеп жойылуы жалпылама болып келеді. Тік құлаған шоғырлардың жоғарғы горизонттары гипергенез белдемінде бұзылып, әртүрлі физика-химиялық өзгерістерге ұшырайды, және пайдалы қазбалар сыйыстырушы таужыныстардың морылу өнімдерімен араласады.

Кенорындарға іргелес орналасқан кен шоғырының пайдалы және қосымша компоненттерінің жоғары мөлшерімен, яғни сыйыстырушы таужыныстарында, пайдалы қазбаның жоғары мөлшері және оның төменгі фондық мөлшерінің арасындағы аралық мәндермен сипатталатын белдемді *қайта түзілген шашырау ореолдары* деп атайды.



9.1-сурет. Қайта түзілген шашырау ореолы құрылысының сұлбасы:

1 – түбірлік кенсыйыстырушы таужыныстар; 2 – кен денесі;

3 – мору қыртысы; 4 – қайта түзілген шашырау ореолы

Б. Б. Полюнов морылудың төрт сатысын бөлген:

1) Сынықты саты. Бұл сатыда шомбал таужыныстардың механикалық ыдырауының нәтижесінде ірі сынықты және ұсақ түйірлі өнімдер жаралып, морылудың физикалық факторлары басым болып келеді. Қаһарлы климат және белсенді денудация жағдайында морылу осы сатымен шектеледі.

2) Қаныққан сиаллитті мору қыртысы. Қоңыржай климатқа тән болып келеді. Минералдардың гидролизі есебінен сілтілі ортаның қалыптасуы жүзеге асады. Бұл сатыда алғашқы таужыныстардың тотығуы (қышқылдануы), гидратациясы, гидролизі және карбонаттануы нәтижесінде қайта түзілген ореолдар қалыптасады.

3) Қанықпаған сиаллитті мору қыртысы. Мол ылғалдану және баяу (бәсең) денудация жағдайында қалыптасады. Морылу өнімдерінен сілтілі және сілтіліжерлі элементтердің шығарылуымен сипатталады, соның салдарынан орта қышқылды болып келеді. Қайта түзілген минералдардан каолинит және галлуазит басым болады.

4) Аллитті мору қыртысы. Ыстық ылғалды климат жағдайында, баяу денудация және белсенді химиялық морылу жағдайында қалыптасады. Темір, кремний және алюминий тотықтарының жиналуы жүзеге асады.

Қайта түзілген шашырау ореолдары қалыптасуының бастапқы материалдарына рудалы ашылымдардың және бүйірлік таужыныстардың морылу өнімдері жатады.

Морылу және денудация процесі құрлық үстінде типі және қалыңдығы бойынша әр түрлі борпылдақ шөгінділердің жаралуына әкеп соғады, олар астына төселген таужыныстар есебінен және де өз кезегінде бедердің төмендеген бөлікшелерінде түбірлік таужыныстарды жабындайтын морылудың араласқан өнімдері есебінен дамиды.

Түбірлік таужыныстармен өзара қатынасы бойынша борпылдақ шөгінділердің екі класы бөлінеді: *автохтонды* және *аллохтонды*. Автохтонды борпылдақ жаралымдар астына төселген таужыныстары есебінен азғантай орын ауысумен немесе сол орнында дамиды (элювий, делювий, элювий- делювий). *Аллохтонды* (алыстан келген) борпылдақ шөгінділер түбірлік таужыныстарды немесе жер бетінің төмендеген бөлікшелерінде борпылдақ аллохтонды түзілімдерді көмкеріп орын ауыстырған морылу өнімдері болып келеді.

Рудалы кенорындарды олардың қайта түзелген шашырау ореолдары арқылы литогеохимиялық іздеудің тиімділігі борпылдақ таужыныстардың генезисіне және олардың түбірлік (субстрат) таужыныстармен қарым-қатынасына байланысты болады.

Тегістелген бедер жағдайында және морырудың алғашқы сатысында түбірлік таужыныстардың морылу нәтижесінде пайда болған және өзінің жаралған орнында қалған өнімдер – элювий құралады. Өзінің құрамы бойынша элювий түбірлік таужыныстардың құрамын дарыптайды және химиялық морылу, биогендік процестер туындататын өзгерулер мен кенденулерді көрсетеді. Делювий деп баурайлардың бөктерін жабындаған және атмосфералық жауын-шашынның және ауырлық күшінің әсерінен орын ауыстырған түбірлік таужыныстардың морылу өнімдерін құрайтын кез келген петрографиялық құрамды борпылдақ жаңа шөгінділерді айтады. Делювий, беткейдің негізінде жаппай жамылғы қалыптастыра отырып, суайрыққа дейін жетеді, бұл жерде өзінің құрамына жақын элювиймен қосылады. Нәтижесінде борпылдақ шөгінділер әлсіз толқынды элювий-делювийлі жамылғыны құрастыра отырып, барлық өңірді жабындайды.

Кенорындарды олардың қайта түзілген шашырау ореолдары арқылы литогеохимиялық іздеу кезінде элювий–делювийлі жамылғылармен, яғни әлсіз араласқан морылу өнімдерімен жиі кездесеміз, олар құрамы және орналасқан орны бойынша түбірлік таужыныстармен анық байланыста болады. Элювий –делювийлі шөгінділердің қалыңдығы көп жағдайда денудация жылдамдығына байланысты болады, әдетте 0,5-2 м-ден 10-12 м. арасында өзгереді, сирек одан да көп болады. Осы нүктедегі элювий–делювийдің құрамы беткей бойынша гипсометрлік жоғары орналасқан түбірлік таужыныстардың құрамын көрсетеді. Тік қима бойынша элювий-делювийлі шөгінділер тереңдікте элювиймен алмасады, олар өз кезегінде тығыз түбірлік таужыныстарға ауысады. Кенді таужыныстардың элювий-делювийлі шөгінділерінде морылу кенорындардың литогеохимиялық шашырау ореолдарын тоқтаусыз құрайды, ал денудация толассыз жаңартып отырады, олардың кен денелері денудациялық қиманың деңгейіне

шығарылады. Бұл реттелген режимге ұмтылған процесс, нақты заңдылықтарға бағынған кенорындардың қайта түзілген шашырау ореолдарының гипергенез белдемінде тұрақты геологиялық жаралымдар ретінде тіршілік етуін қамтамасыз етеді.

9.2. Қайта түзілген шашырау ореолдарының жіктемесі

Қайта түзілген шашырау ореолдарын жіктеудің бірнеше принципі бар. Шашырау процестерінің күрделілігі және әртүрлілігі нәтижесінде шашырау ореолдарын жіктеу қажеттігі туды, оны 1936 жылы Н. И. Сафронов ұсынған болатын және ол кейбір өзгерістермен осы күнге дейін сақталған. Қайта түзілген ореолдарды үш белгісі бойынша бөлу принципіне негізделген:

- 1) *фазалық жағдайы бойынша (қатты, сұйық, газ тәрізді);*
- 2) *генезисі немесе жаралу жағдайы бойынша;*
- 3) *анықтаудың қолжетімділік жағдайы бойынша;*

Фазалық жағдайы бойынша қайта түзілген ореолдар *механикалық, тұзды және газды* болып бөлінеді.

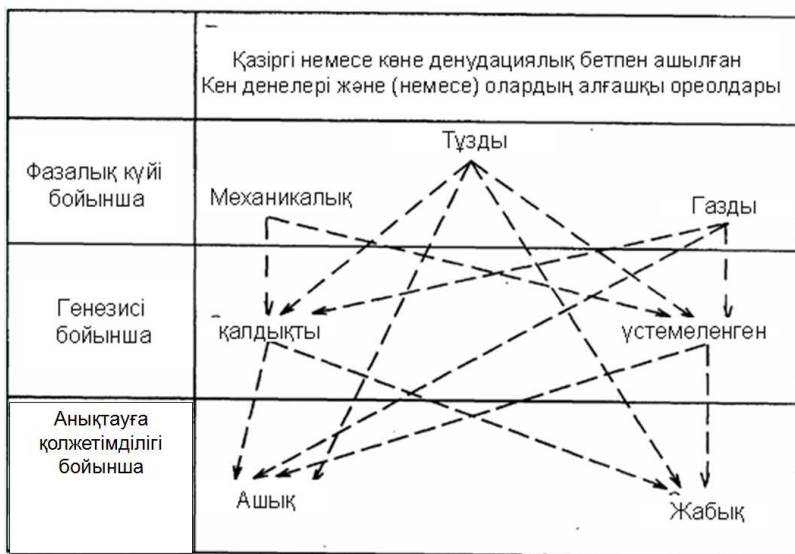
Механикалық шашырау ореолдарында оның минералды компоненттері гипергенез белдемінде тұрақты қатты заттар түрінде кездеседі немесе қайта түзілген минералдар кенді сынықтар түрінде кездеседі. Механикалық шашырау ореолдарының негізгі даму горизонтына элювий-делювийлі шөгінділер және кен сыйыстырушы қабаттың көне қалдықты морылу қыртысы жатады. Механикалық шашырау ореолдары көптеген рудалы кенорындарды құрайды, ең бірінші – алтын, платина, касситерит хромит және басқа да минералдардың кенорындарын құрайды.

Тұзды шашырау ореолдарына кенорындардың минералды компоненттері ерігіш түрінде немесе сулы ерігіш қосылыстардың таужыныстарымен күрделі байланысқан түрінде болады. Қайта түзілген тұзды ореолдардың жаралуы рудалы минералдардың көбінесе олардың гипергенді өзгеру сатысында ерітілу нәтижесінде пайда болатын қозғалыстарға, диффузияға, капиллярлы көтерілулерге және минералданған сулардың булануына міндетті болады. Элювий–делювийде ореолдардың (механикалық және тұзды) жаралуына қатыса отырып, тұзды шашыраулар кенденудің жоғарғы горизонттарының жерасты сулармен шайылуы есебінен

кен денелердің және олардың алғашқы ореолдарының жасырын орналасуы сатысында дамуы мүмкін. Тұзды ореолдардың компоненттері тірі өсімдіктерде биогеохимиялық ореолдарды қалыптастыра отырып, өсімдіктердің түпкі жүйесімен сіңірілуі мүмкін. Өсімдіктердің одан кейінгі минералдануы күрделі литогеохимиялық ореолдардың биогенді құрамдастарын қалыптастырады. Тұзды ореолдар негізінен, мыс–колчеданды кендердің, плагиоаклазды шпаттардың кенорындары және басқа да типті рудалы кенорындарды қалыптастырады.

9.1-кесте

Қайта түзілген шашырау ореолдарының жіктемелік белгілерінің схемасы. А. П. Соловов бойынша



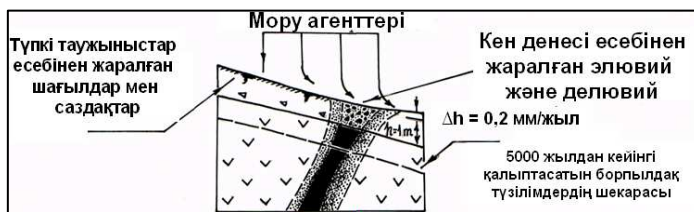
Газды шашырау ореолдарының жаралуы газды компоненттердің кен сыйыстырушы таужыныстар мен борпылдақ жамылғы қабаттары арқылы жер бетіне қарай диффузиясы және эффузиясы есебінен жүзеге асады. Газды шашырау ореолдары радиоактивті кендердің шашырау ореолдарына тән, сонымен қатар олар сынапты кенорындардың үстінде жаралады, себебі

сынаптың булары жер үстінің кәдімгі температураларында жоғары серпімділікке ие болады.

Сонымен, рудалы элементтердің қайта түзілген литогеохимиялық шашырау ореолдары негізінен қатты фазада жаралады, тұзды шашыраулар және газды шашыраулар аз рөлге ие болады.

Жаралу жағдайына байланысты қайта түзілген шашырау ореолдары қалдықты және үстемеленген болып бөлінеді.

Қалдықты шашырау ореолдары морылуға дейінгі түбірлік таужыныстардың профилінде кездесетін кен денелердің немесе оның алғашқы ореолының арақашықтығы есебінен жаралады (9.1-сурет).



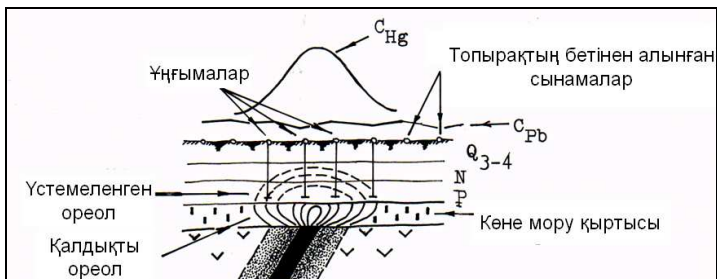
9.1-сурет. Қалдықты қайта түзілген ореолдың қалыптасу механизмі

Үстемеленген ореолдардың (9.2-сурет) контурында шашыраудың қайта түзуші процестерінің дамуы алдында алғашқы кенді минералдану болмаған. Қайта түзілген қалдықты шашырау ореолдарының маңызды ерекшелігі – олардың сызықты (М) және алаңдық (Р) өнімділіктерінің бастапқы түпкі кенденудің сол параметрімен пропорционалдығы (Мр және Рр).

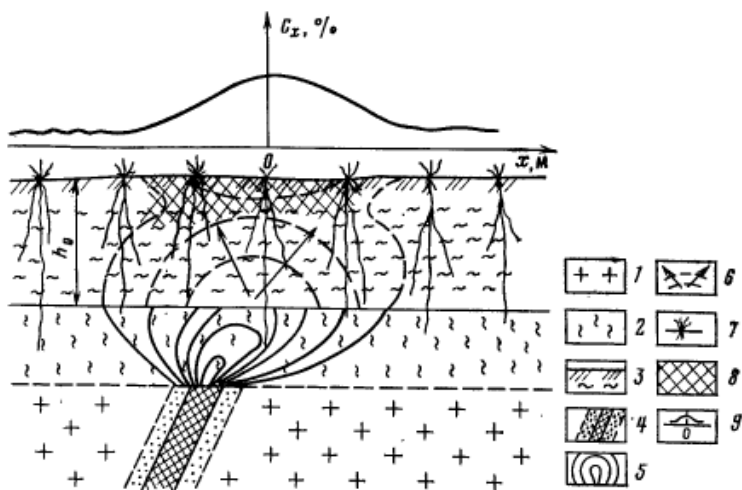
Анықтаудың қолжетімділік жағдайы бойынша *ашық шашырау ореолдары*, яғни қазіргі жер бетіне шығып жатқан ореолдар және жер бетінен бірнеше тереңдікте ғана анықталатын *жабық шашырау ореолдары* бөлінеді (9.2 және 9.3-суреттер).



9.2-сурет. Үстемеленген ореолдың қалыптасу схемасы

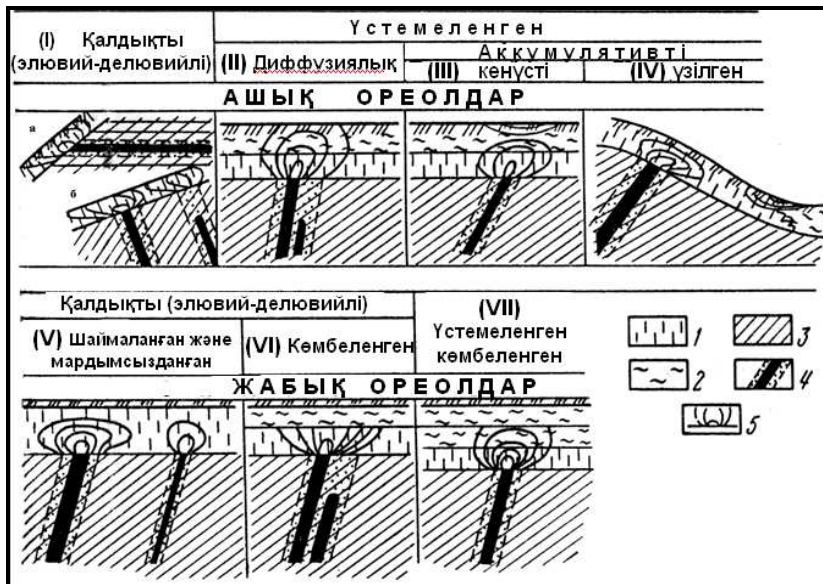


9.3-сурет. Жабық қайта түзілген ореолдың моделі



9.4-сурет. Ашық үстемеленген литогеохимиялық шашырау ореолының қалыптасу схемасы:

- 1 – кен сыйыстырушы таужыныстар; 2 – көне мору қыртысы;
 3 – аллохтонды шөгінділер; 4 – кен денесі және оның алғашқы ореолы;
 5 – көмбеленген қайта түзілген қалдықты шашырау ореолы; 6 – қайта түзілген үстемеленген шашырау ореолы; 7 – үстемеленген ореолдың биогендік құрамдас бөлігін құрайтын өсімдіктер; 8 – рудалы элементтердің мүмкін болатын булану, биогенді және сорбциялы (жұтылу) шоғырлануларының горизонттары; 9 – литогеохимиялық түсіру нәтижелерінің графигі



9.5-сурет. Қайта түзілген литогеохимиялық шашырау ореолдарының негізгі типтері. А. П. Соловов бойынша.

1 – элювий-делювий; 2 – аллохтонды шөгінділер; 3 – кенсыйыстырушы таужыныстар; 4 – кен денелері және олардың алғашқы ореолдары; 5 – қайта түзілген ореолдар

Қарастырылған әрбір жіктемелік белгілер нақты бір аудандағы қайта түзілген шашырау ореолдарының жаралуының негізгі ерекшеліктерін сипаттайды, ал осы белгілердің әртүрлі байланыстары олардың мүмкін болатын типтерін анықтайды (9.5-сурет). Типтерді бөлудің негізінде ореолдың генетикалық типін және оны анықтау мүмкіндігін анықтайтын (қалдықты, үстемеленген) жіктемелік белгілері, сонымен қатар олардың табиғатының кейбір қосымша сипаттамалары (диффузиялық, шаймалану және т.б.) немесе түпкі кенденуге салыстырмалы жағдайы жатыр. Сонымен қатар бір уақытта немесе әр кезде қатты, ерігіш және газ тәрізді компоненттердің қатысуымен литохимиялық шашырау ореолдарының жаралуы алдын ала болжамданады, ал әрбір фазаның рөлі жеке типтерді сипаттағанда анықталады. Ореолдың типін анықтайтын белгілер,

ореол жаралған (білінген) жер бетіне жақын горизонтта қарастырылады. Ашық ореолдар жер беті деңгейінде сипатталады, ал жабық – олардың сенімді дамуының минималды тереңдігінде сипатталады. Геохимиялық іздеулердің практикасында бұл деңгей «іздеулердің өкілді горизонты» деген атқа ие болған.

Бірінші тип. Кенорындардың ашық қалдықты шашырау ореолдары үлкен іздеу мәніне ие болады. Осы типтің ореолдары барлық белсенді денудацияланатын аудандарда, жоғарғы құрылымдық қабаттарда жататын кез келген генетикалық типті кенорындарды құрайды. Осындай жағдайда кен сыйыстырушы таужыныстардың үстінде тек қана өздерінің элювий–делювийлі морылуы өнімдері дамыған. Қалдықты ореолдардың жаралуы негізінен механикалық шашыраулар есебінен болады. Бірақ олардың денудациялық жазықтықтағы элювийлі ландшафтарда және жазық суайрықтарда жаралу мүмкіндігі бар. Бұрынғы КСРО-да және шетелдердегі түсті, сирек металлдардың және алтынның өнеркәсіптік кенорындарының ашылуы осы типтің қайта түзілген шашырау ореолдары арқылы геохимиялық іздеулер нәтижесінің есебінен болған.

Жалпы жағдайда қайта түзілген қалдықты шашырау ореолдарының пландағы пішіні үлкейтілген мөлшерде түбірлік таужыныстардың бетіне шыққан кенденудің контурын қайталайды. Бөлшектенген бедер жағдайында, қалдықты шашырау ореолдары шөгінді генезисті және көне морылу қыртысының көлбеу жатқан кенорындарының қалыптасуына септігін тигізеді (9.5-сурет, 1а типі), бірақ ореолдың осы типті тік бағытта құлаған эндогенді және шөгінді-метаморфогенді кенорындары (9.5-сурет, 1б типі) іздеу үшін басты мәнге ие болады. Осындай қалдықты шашырау ореолдары арқылы 200-300 метр тереңдікте Оңтүстік Оралда мыс–колчеданды және Ащысайдағы полиметал кенорындары ашылған.

Екінші тип. Ашық үстемеленген диффузиялық шашырау ореолдары шектеулі қалыңдықты аллохтонды шөгінділермен көмкерілген жазықтықты аудандарға, негізінен қоңыржай ылғалды және аридті белдемдерге тән болады. Бұл ореолдарда рудалы элементтердің тұзды шашырау процестері күрт көп болады, жеке жағдайларда тұрақты рудалы минералдардың

үстемеленген механикалық шашырау ореолдары байқалады. Үстемеленген диффузиялық шашырау ореолдарының пішінімен түпкі кенденудің арасында әртүрлі арақатынастар болуы мүмкін. Аллохтонды шөгінділердің айнымалы қалыңдықтары есебінен осы типтің ореолдары созылу бағыты бойынша көмбеленген күйге (IV және VII типтері) ауысуы мүмкін, ашық қалдықты ореолдардың арақашықтықтарымен үйлеседі (I тип) және үстемеленген кенүсті ореолдармен ауысуы мүмкін (III тип). Диффузияның теориялық алшақтығы шексіз болады.

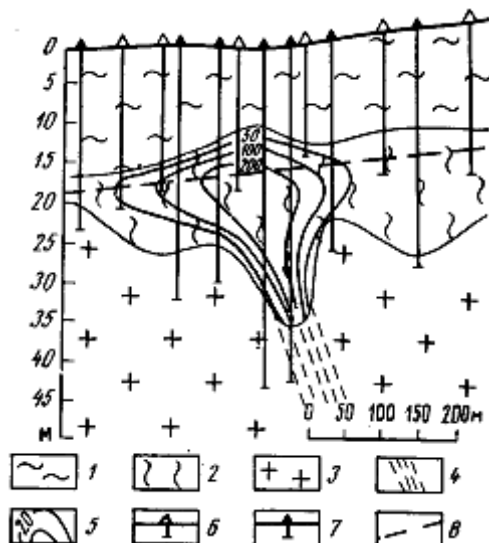
Үшінші тип. Кенүсті және үзілген үстемеленген шашырау ореолдарының жаралуы тұзды шашыраулар рудалы элементтер миграциясының біркелкі процесінің қарама-қарсы тенденциясымен, яғни олардың гипергенді аккумуляциясымен үйлескен жағдайларда болады. Кенүсті типтің (III тип) ашық үстемеленген аккумулятивті ореолдары үстемеленген диффузиялық ореолдардан горизонттың тереңдігінде аллохтонды шөгінділердің бар болғанымен айырықшаланады, оларда қазіргі бар техникалық құралдардың қолдануымен ореолдар тік бағытта сағаланбайды. Кенүсті ореолдар әртүрлі геохимиялық тосқауылдарда қоршаған ортадан металдардың гипергенді аккумуляциясы нәтижесінде және тереңдікте түпкі кенденудің бар болуымен байланысы жоқтығынан пайда болатын ландшафты геохимиялық аномалиялардан ерекшеленуі қиын болады. Бұл жерде рудалы элемент бедерде аккумуляцияланады (экранизация), көбінесе мұндай ореолдар Mo, W, U кенорындары үстінде Солтүстік Қазақстанның құрғақ шөлдерінде жаралады. Үш метр шөгінді тыс ашық үстемеленген шашырау ореолдар жаралуына шекті қалыңдық болып келеді.

Төртінші тип. Үзілген аккумулятивті ореолдар жоғарыда сипатталған кенүсті ореолдарына жақын болады, олардан аллохтонды шөгінділердің жоқ кезіндегі жаралуымен және кен денелерінен қазіргі ағынға қарай анық ығысуы жағдайымен өзгешеленеді. Осындай жағдайда кенорындар ашық шашырау ореолдарын құрайды (I тип) және осы ландшафты геохимиялық жағдайда сулы миграцияның жоғары коэффициентіне (F, Cl, Br, B, S, J) ие болатын тек рудалы элементтер жер үстінен шаймаланған жабық ореолдарды (V тип) қалыптастыруы мүмкін. Гипергенез белдеміндегі қарама-қарсы миграциялық

кабілеттілігі бар рудалы элементтердің одан кейінгі аккумуляциясы есебінен өзгерген геохимиялық жағдайда жергілікті элювий- делювийлі және аллювий–пролювийлі шөгінділер үстіне үстемеленген қайта түзілген үзілген тұзды ореолдар пайда болады. Бұл ореолдар тұзды (литогеохимиялық) шашырау ағындарына тікелей ауысуы мүмкін. Мұндай Мо және U үзілген ореолдары Байкал сыртының таулы аудандарына кездестірілген.

Бесінші тип. Шаймаланған (сілтіден айырылған) және шектеулі мардымсызданған ореолдар элювий-делювийлі шөгінділерде жаралады және қалдықты ореолдар класына жатады. Олар өздерінің сипаттамалары бойынша өзара ұқсас болып келеді, алайда олардың жабық ореолдарға айналу себептері әртүрлі болады. Жабық шаймаланған қалдықты ореолдардың жаралуы, жоғарыда айтылғандай, гумидті белдемді аудандарда баяу денудациядағы белсенді сулы мигрантты элементтерге (J, B, F, Cl) тән болады. Жабық шектеулі мардымсызданған ореолдар шашырау процесінің элементтер концентрациясының біршама толық түзетілу жағына қарай өтуі нәтижесінде жаралады. Егер кенді белдем қимасында металдардың бастапқы саны (Mr, м%) біршама аз болса, ореолдың жоғарғы горизонттарында металдың максималды мөлшері жергілікті геохимиялық фонның кәдімгі ауытқуынан ерекшеленбеуі мүмкін. Мұндай белдемнің қалдықты ореолдары жер үстінен біршама тереңдікте анықталады және сол үшін оны «жабық» деп атайды. Осындай типтің жабық ореолдары «жер үстінде бәсеңдеген» деп те аталады. Мұндай жабық ореолдардың жаралуы азын-аулақ масштабты кен көздеріне тән, әсіресе, соқыр кен денелерінің алғашқы ореолдарына тән болады.

Алтыншы тип. Көмбеленген қалдықты шашырау ореолдары қазіргі элювий–делювийлі ореолдардың аналогы болып келеді, олардан палеогеографиялық жағдайда жаралуымен және одан кейінгі біршама жас шөгінділермен қайта жабылуымен ерекшеленеді. Бұл типтің ореолдары ұзақ континенттік дамуды өткізген кенді аудандарға тән болады және бұл аудандардағы қатпарлы іргетастардың тегістелген бетінде көне морылу қыртысы сақталады (9.6-сурет).



9.6-сурет. Көмбеленген қалдықты шашырау ореолы.

А. Н. Еремеев және А. П. Соловов бойынша.

- 1 – саздақтар; 2 – мору қыртысы; 3 – кенсыйыстырушы гранитоидтар;
 4 – уақталу (үгілу) белдемі; 5 – шартты бірліктердегі рудалы элементтің
 изоконцентраторлары; 6 – іздеу ұңғымалары; 7 – барлау ұңғымалары;
 8 – іздеу жұмыстарының көрнекі горизонты

Морылу қыртысының тік бағытты қимасында көмбеленген ореолдар кен денелердің жатыс элементтерін және палеоағынның бағытын анықтайтын саңырауқұлақ тәрізді, көбінесе ассиметрлі пішінге ие болады (9.6-сурет).

Бұл ореолдар іздеудің өкілетті горизонты болып келетін мору қыртысының шұбартүсті деңгейінде өзінің максималды алаңдық дамуына ие болады. Мору қыртысын жауып ореолдарда осы типті ореолдар бақыланбайды. Осындай көмбеленген қалдықты шашырау ореолдарының туындауы жабық жазықты аудандарда тереңдікті литогеохимиялық іздеулердің әдістемесін жасауды алдын ала айқындаған.

Жетінші тип. Көмбеленген үстемеленген шашырау ореолдары, өз кезегінде, қазіргі ашық үстемеленген ореолдардың (тип III) палеогеографиялық аналогы болып келеді, олар өз кезегінде кеш шөгінділермен қайта жабылған.

9.3. Литогеохимиялық шашырау ағындары

Жаралуы және негізгі ерекшеліктері. Құрлықтан қатты, сұйық және газ тәрізді ағыстар жолында пайда болатын, кейіннен шоғырдың құнды және қосымша компоненттерінің аномалды мөлшерлерінің кемуімен сипатталатын кен шоғырларындағы компоненттердің жоғары мөлшерлі облыстарын кенорындардың *шашырау ағындары* деп аталады.

В. В. Поликарпочкин бойынша (1975) “баурайлардың жиынтығын қамтитын алаптар бойынша өзендік тасымалдану нәтижесінде, сонымен қатар кеңістіктегі атмосфералық және мұздықтық тасымалдануда қалыптасатын жаралымдар” құрлықтағы шашырау ағындарына жатады.

Қайта түзілген ореолдардың денудациясы нәтижесінде литогеохимиялық шашырау ағындары дамиды. А. П. Соловов бойынша олардың жаралуының негізгі механизміне динамикалық тепе-теңдік сатысында тұратын су ағынымен қайта бөлінетін мору өнімдерінің жазықтықты шайылуы жатады.

Литогеохимиялық шашырау ағындарын - денудациямен бұзылған жер беті суларымен бедердің төмендеген жағына қарай тасымалданатын таужыныстардың массасы деп түсінуге болады.

Құрлықты құрайтын жер қыртысының бір бөлігі, Жердің геологиялық даму тарихының барлық сатыларында пайдалы қазба кенорындарының гипергенді шашырау алаңдарын қалыптастырып, өзара байланысқан морулу және денудация процестері дамуының аренасы болған. Бұл процестер іздеу практикасына маңызды кенорындардың қайта түзілген литогеохимиялық ореолдарының және шашырау ағындарының дамуын анықтайды. Денудациялық процестердің масштабы (шөгінді жиналу белдеміне морулу өнімдерінің тасымалдануы) геологияның, физикалық географияның және гидрологияның көптеген мәліметтерімен сипатталады.

Жер бетінің бедері үзіліссіз қайта құрылады. Жер бетінің бедерін құрайтын күштер өзінің табиғаты бойынша әртүрлі – бұл жерде болатын ішкі процестер – блоктардың орын ауыстыруы, тектоникалық процестер және сыртқы күштер –

бөлшектейтін, бұзатын заттар және оларды ойпаттарда жинайтын – жел, су және күн энергиясы.

Құрлық бетіне жыл сайын бұға айналуға қарағанда атмосфералық жауын-шашын түрінде 36 мың км³ көп су түседі. Атмосфералық жауын-шашындардың ағыстары құрлықтың денудациялануына алып келеді. Теңіздер мен мұхиттарға құйыла отырып, бұл сулар жыл сайын 20 млрд. т қатты шөгінділерді және 2,5 млрд. т еріген тұздарды шығарады. Механикалық тасымалдану айқын басым болғандықтан, шашырау ағындарын зерттеу кезінде ағындардың қатты фазасын (әдетте лайлы-сазды фракция) сынамаалау біршама ақпаратты болады.

Шашырау ағындарының қоректенуі төрт жол арқылы жүзеге асады:

1) механикалық қайта түзілген ореолдар материалдарының баурайлардан түсуі, шайылуы және опырылуы нәтижесінде;

2) материалдардың еріген күйінде бүйірлік баурайлардың жерасты және жерүсті суларымен тасымалдануы арқылы;

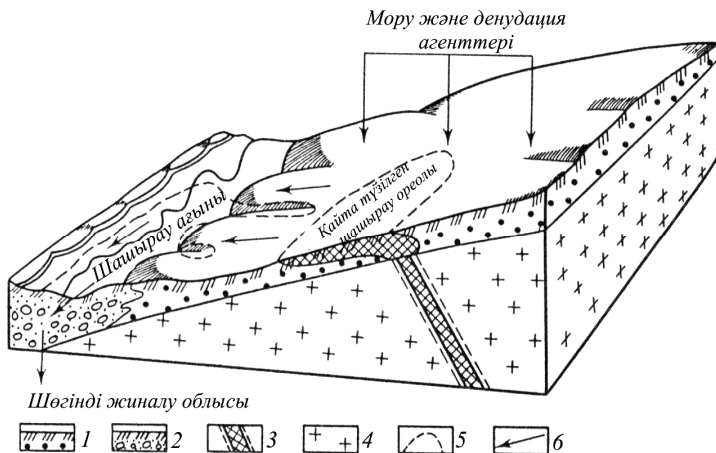
3) өрleme миграцияның тұзды және газды ореолдары арқылы;

4) түбірлік таужыныстардың және рудалардың тікелей шайылу нәтижесінде.

Жер шарының өзендері қатты заттардың көп мөлшерін жұқа заттар және тасынды түрінде тасымалдайды. Оларды «қатты ағыстар» деп атайды.

Пайдалы қазба кенорындарының литогеохимиялық шашырау ағындарының жаралуы морылу өнімдерінің гравитация күштерімен бедердің төмендеген жағына қарай және шөгінді жиналу белдеміне қарай заңды орналасуы нәтижесінде құрлық бетінде тірі күштің әсерінен және судың еріткіш қасиетінің әсерінен пайда болады (9.7-сурет).

Шашырау ағындарының негізгі морфологиялық ерекшеліктеріне олардың *сызықтылығы*, яғни ұзындығының енінен және ағынның қалыңдығынан артық болуы жатады. Кенорындарды іздеу кезінде қолданылатын көптеген шашырау ағындары құрлықтағы сулы ағыстармен байланысты. Шартты түрде оларды *механикалық*, *тұзды* және *аралас* деп бөлуге болады.



9.7-сурет. Гипергенді шашырау алаңының (өрісінің) блок-диаграммасы:

1 – элювий-делювий, 2 – аллювий, 3 – кен денесі және оның алғашқы ореолы, 4 – кен кіріктіруші таужыныстар, 5 – моруға және өсімдеріндегі кенді элементтердің аномалды мөлшерлерінің контуры, өзен суында және өсімдіктерде, 6 – ағыстың бағыты

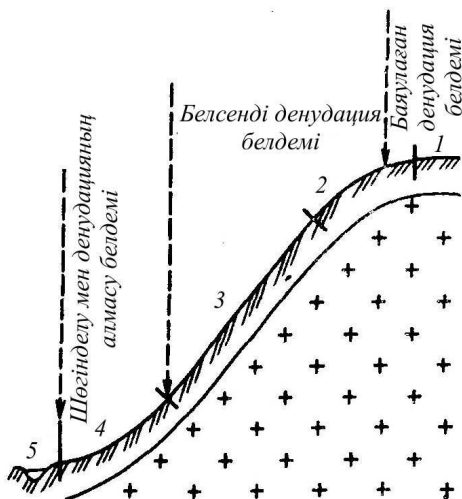
Жеке механикалық шашырау ағындары іс жүзінде сирек кездеседі, себебі олар әрқашан тұзды шашырау ағындарымен бірге ұшырасады. Бірақ іздеу жұмыстары кезінде кейде тек қана механикалық құрамдас бөлігін қарастыруға тура келеді. Бұл кенорындарды іздеудің көне әдісі болып келетін, яғни шлихті іздеу кезінде жүзеге асады. Бұл әдіс тек қана тығыздығы бойынша шлихтарда концентрациялануға қабілеті бар, моруға және ұнтақталуға тұрақты минералдардан тұратын кенорындарды іздеуде қолданылады.

Тұзды литогеохимиялық шашырау ағындары индикатор-элементтердің ерігіш қосылыстарының миграциясы және борпылдақ жаралымдарда шөгінделуі есебінен жаралады. Тұзды ағындардың қалыптасуы кезінде үлкен маңызға сорбция (жұтылу) құбылысы ие болады. Механикалық құрамдас бөлігі басым болатын аралас механикалық және тұзды ағындар кең таралған.

Индикатор-элементтер (олардың әртүрлі қосылыстары) шашырау ағынына бұзылып жатқан кен денесінен және оны

қоршаған алғашқы ореолдан, сонымен қатар қайта түзілген лито- және гидрогеохимиялық шашырау ореолдарынан түсуі мүмкін. Алғашқы жағдайда әдетте механикалық, сонымен қатар механикалық құрамдас бөлігі басым болатын аралас шашырау ағындары жаралады.

Қайта түзілген ореолдардың, әсіресе үстемеленген және жер бетінен шаймаланған ореолдардың бұзылуы кезінде тұзды ағындар басым болып келеді. Олар және де грунт суларының жеңілденуі кезінде жаралады, бұл жағдайда пайдалы қазба денесімен немесе оның алғашқы және қайта түзілген литогеохимиялық ореолдарымен ешқандай байланысы жоқ үзілген (жұлынған) литогеохимиялық ағындар туындайды. Шашырау ағындарының үзілгендігі индикатор-элементтердің миграциясы өтетін баурайлардың морфологиялық ерекшеліктерімен байланысты болуы мүмкін. Баурай ауқымында А. П. Соловов бойынша келесі бөлікшелерді бөлуге болады (9.8-сурет): жазық суайрық (1); дөңес баурай (2); жазық баурай (3); иілген (батыңқы) баурай (4); алқап (5). Осы бөлікшелерді өлшемдері жалпы баурайдың өлшеміне байланысты болады және алқаптың көлденең профиліне, яғни оның даму сатысына байланысты болады.



9.8-сурет. Баурайдың денудация белдемдері және профилі

Алғашқы үш бөлікше ауқымында тасымалданатын материалдардың елеулі шөгінделуі жүзеге аспайды, себебі ағылып жиналатын материалдардың мөлшері суайрықтан бастап баурайдың етегіне қарай тұрақты және ұлғаймалы жылдамдық кезінде тоқтаусыз көбейеді. Ағыс жылдамдығының төмендеуі баурайдың иілген (батыңқы) бөлікшесіне өткен кезде баяулайды, бұл жерде тасымалданатын материалдардың бір бөлігінің шөгінделуі басталады. Бірақ нөсерлі жауын-шашын кезінде иілген (батыңқы) баурайдың да денудациясы басталуы мүмкін. Осындай ерекшеліктерімен көп жағдайда жазық және дөнес баурайларда байқалатын ореолдың және шашырау ағынының кеңістікті бытыраңқылығы (бірікпеушілігі) түсіндіріледі. Иілген (батыңқы) баурайларда шашырау ағындары әдетте ореолдарға жанасады. Шашырау ағындары арасында дәл солай *ашық* және *жабық* шашырау ағындарын бөлуге болады. Біршама маңызды іздеу мағынасына, таулы аудандарың қазіргі гидроторабтарында дамиды *ашық шашырау ағындары* ие болады.

Элементтердің миграциялық қабілеттілігі. Қолданбалы геохимияда элементтердің бір геосферадан екінші геосфераға ауысу қабілетін, соның ішінде литосферадан гидросфераға ауысу қабілетін екі коэффициентпен – яғни сулы миграцияның коэффициентімен және талассофильділік (теңізсүйгіштік) коэффициентімен сипаттауға болады:

$$K_x = \frac{m_x \cdot 100}{a C_x}$$

мұнда m_x – судағы элементтің мөлшері, г/л;

C_x – таужыныстардағы элементтің мөлшері, %;

a – судың жалпы миграциясы, г/л.

$$\tau_x = \frac{C_{K\Gamma}}{C_{K\Delta}}$$

мұнда τ_x – талассофильділік коэффициенті

C_{Kr} – гидросферадағы элементтің кларкы;

$C_{\hat{E}\hat{E}}$ – сол элементтің литосферадағы кларкы.

9.2-кесте

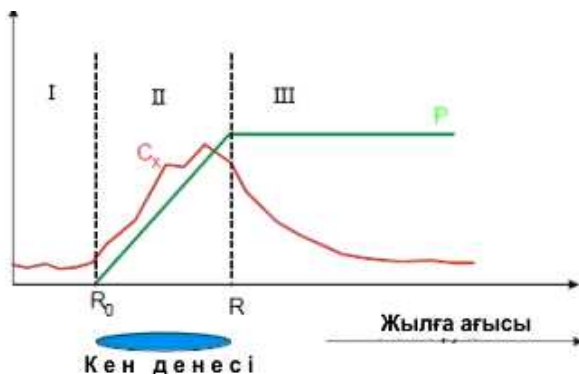
Гипергенез белдемінің жерасты суларындағы элементтер миграциясының қарқындылығы

Элемент	Элемент мөлшері		Сулы миграцияның коэффициенті, K_x
	Гипергенез белдемінің жерасты суларында (С. Л. Шварцев бойынша), г/л	Литосферада (А. П. Виноградов бойынша), г/л	
Хлор	$4,7 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-2}$	644
Бром	$1,83 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-4}$	203
Йод	$1,61 \times 10^{-5}$	4×10^{-5}	99
Магний	$1,86 \times 10^{-2}$	1,87	2,3
Кальций	$4,3 \times 10^{-2}$	2,96	3,3
Натрий	$4,55 \times 10^{-2}$	2,50	4,2
Фтор	$4,5 \times 10^{-4}$	$6,6 \times 10^{-2}$	1,6
Мырыш	$3,4 \times 10^{-5}$	$8,3 \times 10^{-3}$	0,94
Стронций	$1,85 \times 10^{-4}$	$3,4 \times 10^{-2}$	1,2
Молибден	$2,06 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-4}$	4,4
Калий	$4,49 \times 10^{-3}$	2,50	0,43
Уран	$3,4 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-4}$	3,1
Фосфор	$5,75 \times 10^{-5}$	$9,3 \times 10^{-2}$	0,14
Марганец	$4,94 \times 10^{-5}$	0,1	0,11
Никель	$3,31 \times 10^{-6}$	$5,8 \times 10^{-3}$	0,13
Мыс	$5,58 \times 10^{-6}$	$4,7 \times 10^{-3}$	0,27
Темір	$5,47 \times 10^{-4}$	4,65	0,02
Алюминий	$2,79 \times 10^{-4}$	8,05	0,008
Титан	$1,07 \times 10^{-5}$	0,45	0,005
Хром	$2,9 \times 10^{-6}$	$8,3 \times 10^{-3}$	0,08
Ванадий	$2,06 \times 10^{-6}$	9×10^{-3}	0,05
Цирконий	$1,30 \times 10^{-6}$	$1,7 \times 10^{-2}$	0,017
Торий	$4,2 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-3}$	0,07

Элементтердің талассофильділігі. А. И. Перельман бойынша

Элементтер	Талассофильділік	Элементтер	Талассофильділік
Хлор	$1,1 \times 10^{-2}$	Алтын	9×10^{-4}
Сутегі	$7,1 \times 10^{-1}$	Молибден	9×10^{-4}
Бром	3×10^{-1}	Мырыш	6×10^{-4}
Оттегі	$1,8 \times 10^0$	Цезий	5×10^{-4}
Күкірт	$1,8 \times 10^0$	Мыс	4×10^{-4}
Натрий	$4,2 \times 10^{-1}$	Сынап	3×10^{-4}
Бор	4×10^{-1}	Қорғасын	3×10^{-4}
Йод	$1,2 \times 10^{-1}$	Барий	$7,7 \times 10^{-5}$
Көміртегі	9×10^{-2}	Фосфор	5×10^{-5}
Селен	8×10^{-2}	Никель	5×10^{-5}
Магний	7×10^{-2}	Кобальт	5×10^{-5}
Стронций	4×10^{-2}	Торий	3×10^{-5}
Калий	$1,6 \times 10^{-2}$	Галий	$2,6 \times 10^{-5}$
Кальций	$1,2 \times 10^{-2}$	Лантан	1×10^{-5}
Күшәла (мышьяк)	8×10^{-3}	Иттрий	1×10^{-5}
Азот	5×10^{-3}	Ванадий	5×10^{-6}
Литий	$4,7 \times 10^{-3}$	Марганец	4×10^{-6}
Фтор	$1,5 \times 10^{-3}$	Церий	4×10^{-6}
Рубидий	$1,3 \times 10^{-3}$	Скандий	4×10^{-6}
Уран	$1,2 \times 10^{-3}$	Кремний	$1,6 \times 10^{-6}$
Қалайы	$1,2 \times 10^{-3}$	Темір	1×10^{-6}

Идеалды шашырау ағынының теңдеуі. Идеалды шашырау ағыны үшін, сынамалаудың кез келген нүктесіндегі элементтің мөлшері сол нүктеге қатысы бар сужинағыштың барлық ауданы үшін орташа арифметикалық болады деп жорамалданады (9.9-сурет). Шашырау ағынына кен денесі бұзылуы есебінен материалдардың түсуі кезіндегі элемент мөлшерінің қалай өзгеретінін қарастырайық.



9.9-сурет. Кен денесін құрғататын жылға алқабының әртүрлі бөлікшелерінде шашырау ағынындағы элемент мөлшерінің (C_x) және ағын өнімділігінің (P) өзгеруі

I – бөлікшеде: $C_x = C\phi$;

III – бөлікшеде: $C_x = C\phi + P/S$;

II – бөлікшеде: $C_x = C\phi + [P(x-R_0)]/[S(R-R_0)]$,
мұнда P – кен денесінің өнімділігі, S – сужинағыш ауданы.

Шын мәнінде C_x бізге белгілі, ал P табу керек, идеалды шашырау ағынының теңдеуі мынадай түрде қолданылады (кері тапсырманы шешу):

$$P = Sx(C_x - C\phi)$$

шашырау ағыны өнімділігінің өлшем бірлігі – $m^2 \%$.

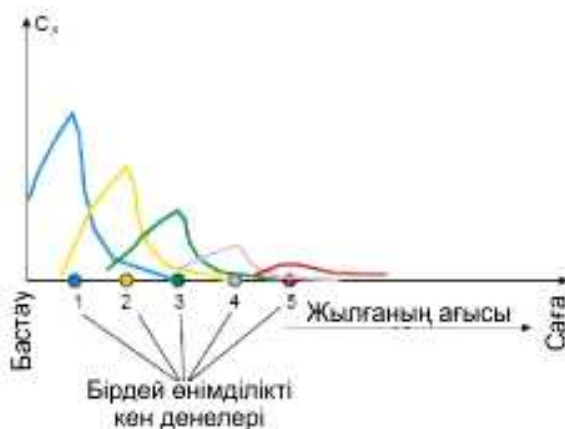
Идеалды үлгіге сәйкес, рудалы материалдар келіп түсуі тоқтайтын нүктеден (R нүктесі) төмен ағынның өнімділігі тұрақты деңгейде қалуы керек.

Шашырау ағынындағы элементтер мөлшеріне әсер ететін факторлар. Шашырау ағынындағы элементтің мөлшері шынайы түрде бірқатар факторларға байланысты болады. Ол факторларды шашырау ағындарын сынамалау әдістемесін таңдау кезінде және алынған нәтижелерді интерпретациялау кезінде ескеру қажет.

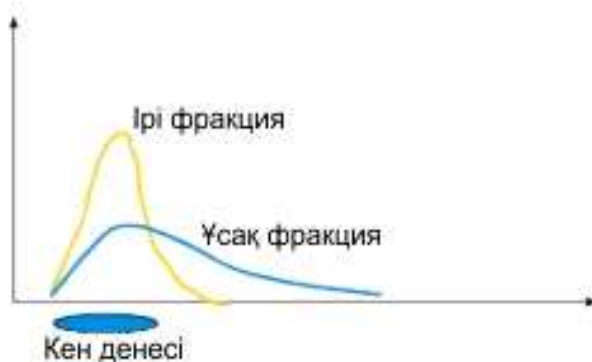
Кен денесі жылғаның шыңына неғұрлым жақын болса, пайдалы қазбаның сол ресурстарында C_x аномалиясы соғұрлым

қарқынды болады (9.10-сурет). Бұл жағдай алқаптардың төменгі бөліктерінде әлсіз аномалияларды бөлудің әдістемесіне қойылатын талаптарды арттырады.

Ірі фракция ұсақ фракцияға қарағанда қарқындылау, бірақ созылыңқылығы аздау шашырау ағындарын береді. Сөйтіп, әлсіз аномалияларды анықтау үшін бірқатар жағдайларда ірі фракцияларды алған дұрысырақ болады (9.11-сурет).



9.10-сурет. Жылға алқабында кен денесінің орналасуына байланысты шашырау ағынында рудалы элемент мөлшерінің өзгеруі



9.11-сурет. Сынаманың гранулометриялық құрамына байланысты шашырау ағынында рудалы элемент мөлшерінің өзгеруі

Шашырау ағындарының геохимиялық ерекшеліктерін анықтайтын факторлар. Су түбінің шөгінділердегі металдардың фондық және аномалды мөлшерлерінің шамалары толып жатқан бірқатар факторлармен шартталады, олардың ішіндегі маңыздылары төмендегілер:

- 1) рудалардың және оларды сыйыстыратын таужыныстардың минералогиялық-геохимиялық ерекшеліктері;
- 2) индикатор-элементтердің миграция түрлері;
- 3) ландшафты-геохимиялық жағдайлар.

Шашырау ағындары бойынша іздеу жұмыстары. Әдетте бұл әдіспен рудалы кенорындарды іздеу жұмыстары жүргізіледі. Бірақ олар қатты бейрудалы пайдалы қазбаларды анықтау үшін де қолданылуы мүмкін. Сонымен, кимберлитті денелердің бұзылуы кезінде Ni, Co, Cr, Zn, Cu шашырау ағындары қалыптасады, олар өз кезегінде аңғардың құрғақ алқапты бөлігі ауқымында жер бетінен немесе 15-20 см тереңдіктен алынатын лайлы-сазды және құмды фракцияларды сынамалау кезінде анықталады.

Шашырау ағындары арқылы ұсақ масштабты іздеу жұмыстарын жүргізуде концентрация және рудалы аудандар мен түйіндерде элементтердің қайта бөліну өрістерін анықтауға болады. Іздеу жұмыстары кезінде жанама индикатор-элементтердің аномалияларына да ерекше көңіл бөлу қажет.

Сулы алаптардағы (теңіздер, көлдер) шашырау ағындары ағыстармен пайда болады. Олардың қалыптасуы соқпа толқындар белдемінде кенорындардың бұзылуымен және өзендермен материалдардың келіп қосылуымен байланысты болуы мүмкін. Қарастырылып отырған шашырау ағындары қазіргі таңда әлі толық зерттелмеген. Бірақ та теңіздердегі минералды қазба байлықтарды игеруге деген қызығушылықтар сулы алаптардағы шашырау ағындары бойынша іздеу жұмыстарының рөлі артады деуге мүмкіндік береді.

10. ПАЙДАЛЫ ҚАЗБА КЕНОРЫНДАРЫН ГЕОХИМИЯЛЫҚ ІЗДЕУ ӘДІСТЕРІ

Геохимиялық жұмыстар барлық геологиялық барлау жұмыстарының ажырамас бөлігі болып табылады. Геологиялық барлау жұмыстары бұл ұзақ мерзімді және тоқтаусыз процесс. Ол геологиялық карта түсіру жұмыстарынан басталып, кенорындарды іздеу және оларды барлаумен аяқталады.

Геологиялық барлау жұмыстарының сатылары – бұл пайдалы қазба кенорындарын іздеу мен барлаудың мәселелерін шешудегі жүйелі сатылар.

Жалпы геологиялық барлау жұмыстары келесі сатылармен сатышаларға бөлінеді:

1- саты. Жер қойнауын аймақтық геологиялық зерттеулер, ол келесі сатышаларды кіріктіреді:

1) 1- сатыша. Жинақталған және шолулық ұсақ масштабты геологиялық картаға түсіру жұмыстары (масштабы 1:500000 және одан да ұсақ);

2) 2 - сатыша. Орта масштабты геологиялық картаға түсіру жұмыстары (масштабы 1:200 000);

3) 3 - сатыша. Ірі масштабты геологиялық картаға түсіру жұмыстары (масштабы 1:50 000).

2 - саты. Іздеу жұмыстары.

3 - саты. Іздеу-бағалау жұмыстары.

4 - саты. Геологиялық барлау

5 - саты. Игерімдік барлау.

Геологиялық барлау жұмыстарының сатылары пайдалы қазба кенорындарын іздеу мен барлаудың мәселелерінің жүйелі түрде шешілуін қамтамасыз етеді.

Жер қойнауын аймақтық геологиялық зерттеулер жер қойнауын мемлекеттік зерттеудің негізі болып келеді және кешенді геологиялық ақпараттарды алу мақсатында жүргізіліп, елдің аумағын жүйелі геологиялық зерттеудің және жер қойнауындағы пайдалы қазбаларды болжаудың іргелі негізін құрайды.

Іздеу жұмыстары перспективті бөлікшелерді және кен көздерін анықтау және контурлау үшін, болжамдық ресурстарды бағалау, алдын ала геологиялық-экономикалық баға беру және

алдағы болатын геологиялық барлау жұмыстарын негіздеу мақсатында жүргізіледі.

Іздеу-бағалау жұмыстары іздеу жұмыстары кезінде анықталған және оң бағаланған пайдалы қазба көздерінде жүргізіледі және минералогиялық-петрографикалық, геофизикалық және геохимиялық зерттеулермен бірге жүргізіледі.

Геологиялық барлау жұмыстары іздеу-бағалау жұмыстары нәтижесінде оң қорытынды алған нысандарда жүргізіледі. Геологиялық барлау сенімді мәліметтерді алу үшін және кенорындардың өнеркәсіптік маңызын негізді бағалау мақсатында жүргізіледі. Бұл сатының жұмыстары геологиялық немесе тау-кен бөлінісі ауқымында жүзеге асады.

Игерімдік барлау кенорынды өнеркәсіптік игерудің өне бойында жүргізіледі. Игерімдік барлау сатысы кезінде кенорындардың қапталдарын және терең горизонттарын қайталап барлау мәселелері шешіледі. Осы сатыда арнайы барлау тау-кен қазылымдарын қазу және бұрғылау ұнғымаларын бұрғылау жұмыстары жүргізіледі.

Осы жоғарыда келтірілген нұсқаумен сәйкес геологиялық барлау жұмыстарымен қоса жүргізілетін литогеохимиялық іздеу жұмыстарының түрлері мен масштабтары геологиялық барлау жұмыстарының сатыларына сай болуы керек (10.1 - кесте).

10.1-кесте

Геологиялық барлау жұмыстарының сатылары және олармен қоса жүргізілетін геохимиялық жұмыстардың түрлері мен масштабтары

Сатылар	Геохимиялық жұмыстардың түрлері мен масштабтары	Қорлардың категориялары
1	2	3
<i>1- саты. Жер қойнауын аймақтық геологиялық зерттеулер</i>		
1- сатыша. Жинақталған және шолулық ұсақ масштабты геологиялық картаға түсіру жұмыстары (масштабы 1:500000 және одан да ұсақ)	Масштабы 1: 500 000 және одан ұсақ болатын шашырау ағындары бойынша аймақтық геохимиялық түсірулер	

10.1-кестенің жалғасы

1	2	3
2- сатыша. Орта масштабты геологиялық картаға түсіру жұмыстары (масштабы 1:200 000);	Қайта түзілген ореолдар және шашырау ағындары бойынша орта масштабты (1: 200 000) литогеохимиялық түсірулер және іздеу жұмыстары, үстемеленген қайта түзілген ореолдар бойынша іздеу жұмыстары, масштабы 1: 200 000 тереңдікті литогеохимиялық іздеулер	$P_3 - P_2$
3-сатыша. Ірі масштабты геологиялық картаға түсіру жұмыстары (масштабы 1:50 000).	Қайта түзілген ореолдар және шашырау ағындары бойынша ірі масштабты (1: 200 000) жербетілік литогеохимиялық іздеу жұмыстары, масштабы 1: 100 000 тереңдікті литогеохимиялық іздеулер	$P_2 - P_1$
2- саты. Іздеу жұмыстары.	Қайта түзілген ореолдар және шашырау ағындары бойынша жербетілік іздеу литогеохимиялық түсірулер (1: 200 000 – 1: 25 000), сирек – алғашқы ореолдар бойынша (1:10 000) жербетілік іздеу литогеохимиялық түсірулер және масштабтан тыс жеке профильдер бойынша литогеохимиялық түсірулер, тереңдікті литогеохимиялық түсірулер (1: 100 000 – 1: 25 000)	$P_2 - C_2$
3- саты. Іздеу-бағалау жұмыстары		$P_1 - C_1$
4- саты. Геологиялық барлау	Тау қазылымдар және ұнғыма керндері бойынша рудаларды және руда сыйыстырушы таужыныстарды сынамау арқылы 1: 10 000 – 1:200 масштабтарда литогеохимиялық зерттеулер	$C_2 - (B+A)$
5- саты. Игерімдік барлау		$C_1 - (B+A)$

10.1. Литогеохимиялық іздеу әдістері

Минералдық шикізаттардың көптеген түрлерін анықтау үшін іздеу әдістерінің ішінде геохимиялық іздеу әдістері ауқымды және маңызды бөлігін қамтиды. Бұрынғы КСРО кезінде геохимиялық іздеу әдістері Қазақстан аймағында да кеңінен қолданылған. Осы жұмыстарға А. П. Соловов, Н. И. Сафронов, С. Д. Миллер, Г. Р. Бекжанов, Ф. З. Фурсов, Б. А. Досанова және т.б. үлкен үлес қосқан. Қазақстан геологтарының іздеу практикасында элювий-делювий шөгінділерін сынамалау арқылы масштабы 1:50 000 және одан ірі масштабты металлометриялық түсірулер кеңінен қолданылған.

Пайдалы қазба кенорындарын литогеохимиялық іздеу әдістері алғашқы ореолдар, шашырау ағындары және қайта түзілген ореолдар бойынша жүргізіледі және өзіндік ерекшеліктерімен және жүргізу жағдайларымен сипатталады. Геохимиялық іздеу әдістерінің ішінде литогеохимиялық іздеу әдістерінің орны ерекше. Себебі рудалы кенорындарды негізінен осы әдіс арқылы іздеу жұмыстары жүргізіледі. Перспективті бөлікшелерді анықтау мүмкіндігі және пайдалы қазбалардың орналасу заңдылықтары туралы алынатын геологиялық деректердің көлемі бойынша литогеохимиялық іздеу әдістер геохимиялық әдістердің басқа түрлерінен басым болып келеді. Өткен ғасырдың жетпісінші жылдарының басында қайта түзілген ореолдар арқылы литогеохимиялық түсірулер көмегімен мыстың Ақбастау, Құсмұрын, Ақтоғай, Айдарлы, Қызылқия кенорындары, полиметалдардың Шалқия, Алайғыр, Ұзынжал, Оңтүстік Бестөбе кенорындары, мыс-мырышты Авангард және Ормаңы (Приорское) кенорындары ашылған. Кейіннен көне мору қыртысты жабық аудандарда өндірістік масштабтарда тереңдікті литогеохимиялық түсіру жұмыстарын ендіру нәтижесінде алтынның Суздальское кенорны және қалайының Сырымбет кенорны ашылған.

10.1.1. Алғашқы ореолдар бойынша литогеохимиялық іздеу әдістері

Алғашқы ореолдар бойынша іздеу жұмыстары геологиялық барлау жұмыстарының барлық сатыларында жүргізіледі, бірақ олардың тиімділігі әр сатыда геологиялық, ландшафты және экономикалық факторларға байланысты болады. Негізгі факторларға зерттелетін ауданның ашылу дәрежесі; нақты таужыныстардың және тектоникалық құрылымдардың бар болуы; таужыныстардың эпигенетикалық өзгеруінің сипаты жатады.

Борпылдақ шөгінділермен көмкерілген жабық аудандарда борпылдақ шөгінділердің қалыңдығы, сонымен қатар тау-кен және бұрғылау жұмыстарының қажетті көлемін жүргізу мүмкіндігі ең маңызды мәселелерге жатады.

Жұмыстардың масштабына байланысты барлық литогеохимиялық зерттеулер алғашқы ореолдарды анықтау және зерттеу бойынша аймақтық, іздеу және барлау-игерулік зерттеулер деп бөлінеді.

Аймақтық литогеохимиялық зерттеулер. Бұлар аймақтық геофизикалық жұмыстарды жүргізумен қатар жүргізілуі мүмкін, сонымен қатар, масштабы 1: 200 000 – 1: 50 000 геологиялық карталарды құрастыру кезінде жүргізіледі. Түбірлік таужыныстарды профильдер бойынша сынамалау құрама геология-геохимиялық қиманы құрастыру үшін жүргізіледі, яғни аудандағы таужыныстардың алғашқы геохимиялық сипаттамаларын алу үшін жүргізіледі. Масштабы 1: 50 000 геологиялық түсіру кезінде кенорынның анықтауға перспективті және ашылған бөлікшесі ауқымында алғашқы ореолдар бойынша іздеу жұмыстары жүргізілуі мүмкін. Масштабы 1: 50 000 геологиялық түсіру кезінде түбірлік таужыныстарды сынамалау кенорындардың аймақтық геохимиялық ореолдарын құрайтын элементтер кешені бойынша Pb, Zn, Cu, Au, W шоғырларын анықтауға потенциалды перспективті қабаттарды бөлуге мүмкіндік береді. Осы сатыда тау қазылымдарындағы түбірлік таужыныстары және бұрғылау ұңғымаларының керндері міндетті түрде сынамалануы қажет.

Жеке іздеу зерттеулері. Кенорындарды алғашқы литогеохимиялық ореолдары бойынша анықтау үшін бұл жұмыстар 1: 25 000 – 1: 50 000 масштабта жүргізіледі. 1: 25 000 масштабтағы зерттеулер ірі аномалиялы бөлікшелерді немесе кен көздерін іздеу кезінде жүргізіледі. Осы кезеңдегі зерттеулердің негізін масштабы 1: 10 000 – 1: 5 000 іздеу жұмыстары құрайды. Себебі дәлдікті және іздеу-бағалау зерттеулері қымбат тұратын бұрғылау және тау-кен жұмыстарын қолдану арқылы орындалады, сол үшін аландық литогеохимиялық іздеулердің нәтижелері міндетті түрде барлық бұрғылау және тау-кен қазылым жұмыстарын қойған кезде ескерілуі қажет. Тау қазылымдардың өздерін мүмкіндігінше оларды жүргізу кезінде түгелімен сынамалап отыру керек. Алынған мәліметтер жедел түрде жұмыстарды бағыттау үшін және келесі кезектегі тау қазылымдарының орындарын анықтауда пайдалану қажет.

Барлау-игерулік зерттеулер. Бұл жұмыстар 1:5 000 – 1:2 000 масштабта жүргізіледі. Бұлардың негізгі мақсаты барланатын кенорындардың және кен көздерінің тереңдігінде және қапталдарында кендену дамуының перспективасын бағалау болып табылады. Литогеохимиялық зерттеулердің осы кезеңіндегі тағы бір маңызды тапсырмаларының біріне кендердегі қоспа элементтердің таралуының заңдылығын анықтау болып табылады. Сонымен қатар, осылармен бірге тау қазылымдарымен тереңдікте кездескен кен денелерді біріктіру, олардың морфологиясын нақтылау, барлау жұмыстарын бағыттауды белгілі бір тәртіпке келтіру, барлау қазылымдарының кезектілігін анықтау деген сияқты мәселелер шешілуі қажет.

Барлау-игерулік зерттеулер кезінде сынамалау жұмыстары тау қазылымдардан және бұрғылау ұңғымаларының керндерінен жүргізіледі, ал қажет болған жағдайларда табиғи ашылымдар сынамаланады.

Алғашқы ореолдар бойынша бұрын іздеу жұмыстары жүргізілмеген аудандарда іздеу жұмыстарын тәжірибелік-әдістемелік зерттеулерді қою арқылы басталуы керек. Сонымен қатар келесі негізгі мәселелерді шешу қажет болады: таужыныстардың әртүрлі типтері үшін индикатор-элементтердің

геохимиялық фондық және аномалдық мөлшерлерін анықтау; әртүрлі элементтердің алғашқы ореолдарының морфологиялық ерекшеліктерін анықтау; ореолдарда индикатор-элементтерді анықтаудың түрлерін (минералды, изоморфты және т.б.) анықтау; кенденудің белдемділігін анықтау және т.б.

Таужыныстарда элементтердің геохимиялық фондық мөлшерлерін кенорындардан қашықта орналасқан бөлікшелерде анықтаған қолайлы болады. Алғашқы ореолдардың геохимиялық және морфологиялық ерекшеліктерін зерттеу үшін жақсы барланған эталон кенорындарды таңдау қажет. Ореолдардың ерекшеліктерін кен денелері мен кен сыйыстырушы таужыныстардың сынамалануын қамтамасыз ететіндей бір қимада орналасқан тау қазылымдары мен ұңғымаларды сынамалау арқылы зерттеу жүргізген сенімділеу болады. Көбінесе сынамалау жұмыстары күтілімдегі рудалы белдемдердің созылуына тік бағытта орналасқан профильдер арқылы жүзеге асады. Профильдер және сынамаларды алу нүктелері арасындағы қашықтық зерттеулердің масштабына байланысты болады. Мысалы, масштабы 1: 50000 зерттеулер жүргізгенде профильдер арасындағы қашықтық 500 м, ала сынамаларды алу нүктелері арасындағы қашықтық 50-20 м болады (500x50–20 м). Масштабы 1:10000 зерттеу жұмыстары кезінде – 100x10 м болады. Барлау-игерулік зерттеулер кезінде сынамалар арасындағы қашықтық көбінесе зерттеу нысанының ашылу дәрежесіне байланысты және 10 м бастап жаппай пунктирлі атыздық сынамалауға дейін болады. Алғашқы ореолдар бойынша литогеохимиялық іздеу жұмыстары кезінде алынған сынамалар спектрлік және химиялық талдауға дайындау кезінде ұсатылады, араластырылады, қысқартылады және ұнтақталады. Сынамалардың салмағы 50–100 г болады.

Алғашқы ореолдар бойынша литогеохимиялық іздеу жұмыстарының нәтижелері графиктер және карталар түрінде бейнеленеді. Графиктер жеке геологиялық қималар бойынша алынған сынамаларды талдау нәтижелері бойынша тұрғызылады. Бір графикке бірнеше элементтің мөлшерлерін салуға болады, сонымен қатар өлшем бірлікке жергілікті геохимиялық фонның (*Cф*) мәні алынады. Сол графикке және де

таужыныстардың әртүрлі типтеріне есептелген элементтердің аномалды мөлшерлері түсіріледі. Алғашқы ореолдар бойынша іздеу жұмыстарының нәтижелерін бейнелеу кезінде ең маңызды операциялардың біріне аномалияларды бөлу жатады.

$$C_A = C\phi - 3s$$

мұнда C_A – элементтің аномалды мөлшері;

$C\phi$ – элементтің фондық мөлшері;

s – стандартты ауытқу (орташа квадратты).

Геологиялық картаның қаптама-калькасына сынамалау нүктелерімен профильдердің сызықтары жүргізіліп, спектрлік талдау бойынша анықталған элементтер мөлшерлерінің мәндері түсіріледі. Осындай калькалар әрбір элементке жеке салынады. Содан кейін изосызықтар әдісі бойынша аномалиялар салынады. Әрі қарай жинақталған қаптама-калька жасалып, әртүрлі түстермен көрсетілген аномалиялардан басқа аномалды белдемдер бөлінеді. Аномалды белдемдер кеңістікте бір-біріне жақын тұрған және қалыптасуы ұқсас жағдайлармен байланысты аномалиялардан тұратын бөлікшелерден құралады. Бөлінген геохимиялық аномалиялар нақты геохимиялық параметрлермен сипатталады:

1) ореолдың сызықтық өнімділігімен (M);

$$M = \sum_{iml}^n m_i (C_i - C_\phi)$$

мұнда m_i – сынамалау арақашықтығының ұзындығы (м);

C_i – сынамадағы элементтің мөлшері (%);

C_ϕ – элементтің фондық мөлшері (%).

2) қарастырылып отырған қимадағы ореолдың алаңдық өнімділігі (P)

$$P = \Delta XL \left(\sum_{x=1}^N C_x - NC_\phi \right),$$

мұнда ΔX – профильдегі сынамалау қадамы (м);

L – профильдер арасындағы қашықтық (м);

$\sum C_x$ – ореолдағы (аномалиядағы) элементтер мөлшерінің қосындысы;

C_ϕ – ореолдағы элементтің фондық мөлшері;

N – есептеуге кірген сынамалардың саны.

Алғашқы ореолдар бойынша литогеохимиялық іздеу жұмыстарының тиімділігі оларды геофизикалық жұмыстармен кешенді түрде жүргізгенде артады.

10.1.2. Қайта түзілген ореолдар және шашырау ағындары бойынша литогеохимиялық іздеу әдістері

Кенорындарды және пайдалы қазбалардың жеке денелерін қайта түзілген ореолдар және шашырау ағындары бойынша барлық іздеу жұмыстары ландшафты-геохимиялық карталарды құрастырғаннан кейін жүргізіледі. Ландшафты-геохимиялық карталар геохимиялық аномалияларды бөлу кезінде және іздеу жұмыстары нәтижесінде алынған барлық геохимиялық деректерді интерпретациялау кезінде міндетті түрде қолданылуы керек. Сонымен қатар ландшафты-геохимиялық карталар геохимиялық іздеулердің нақты бір әдісін тиімді қолдану жағдайы бойынша аймақтарды аудандаудың негізі болып келеді. Бұл карталардың масштабы іздеу масштабтарына қарағанда кіші болуы мүмкін.

Литогеохимиялық іздеу жұмыстары қайта түзілген шашырау ореолдары бойынша және шашырау ағындары бойынша да жүргізіледі. Масштабына байланысты аймақтық, жеке іздеу және дәлдікті зерттеулер болып бөлінеді.

Аймақтық зерттеулер. Шашырау ағындары бойынша іздеу жұмыстары (10.2 және 10.3-кестелер) таулы қарқынды денудацияланған аудандарда және бедері тегістелген пішінді гумидті белдемдер аудандарында жүргізіледі. Алғашқы жағдайда зерттеулерді шлихті түсірулермен, ал екінші жағдайда гидрогеохимиялық жұмыстармен біріктірген дұрыс болады. Аридті белдемнің әлсіз бөлшектелген аудандарында аймақтық литогеохимиялық зерттеулер қайта түзілген шашырау ореолдары бойынша жүргізіледі.

Қарастырып отырған зерттеулердің міндеті ауданның геохимиялық ерекшеліктерін және металлогениялық ерекшеліктерін анықтау, сонымен қатар морылып жатқан кенорындардың шашырау ағындарын және ореолдарын анықтау болып табылады. Барлық аймақтық жұмыстар 1:200 000 – 1:100 000 масштабтарда жүргізіледі.

Зерттеулерді аймақтық геофизикалық жұмыстармен бірге жүргізген кезде геофизикалық мәліметтердің дәлділігін арттыру үшін литогеохимиялық сынамаларды геофизикалық түсірулердің профильдері бойынша алған жөн болады. Қалыңдықтары 10 м асатын аллохтонды борпылдақ шөгінділермен жабындалған аудандарда қайта түзілген ореолдар бойынша литогеохимиялық іздеулерді тек қана сол борпылдақ шөгінділерде кездесетін кенорындарды анықтау үшін жобалауға болады.

Жеке іздеу зерттеулері. Бұл жұмыстар оң нәтиже берген аймақтық зерттеу жұмыстарынан кейін 1: 50 000 және 1: 25 000 масштабта жүргізіледі. Шашырау ағындары бойынша іздеулерді (шлихті түсірулермен бірге) және түбірлік таужыныстарды жыралармен ашатын және пенеплен жағдайында болатын бөлшектенген аудандарда жүргізген дұрыс болады. Жазықты аудандарда іздеу жұмыстары қайта түзілген ореолдар бойынша жүргізіледі. Іздеу литогеохимиялық зерттеулердің міндетіне кенорындардың ореолдарын анықтау және олардың орналасуының жалпы заңдылықтарын анықтау жатады.

Қарастырылып отырған кезеңнің іздеу жұмыстары өнеркәсіптік кенорындары белгілі және тәжірибелік жұмыстардың мәліметтері бойынша литогеохимиялық зерттеулердің тиімділігі дәлелденген аудандарда, бірақ бұрын аймақтық литогеохимиялық зерттеулер жүргізілмеген аудандарда жобалануы мүмкін.

Дәлдікті зерттеулер. Бұл жұмыстар алғашқы зерттеулер кезеңдерімен анықталған кенді минералданудың көздері бар бөлікшелерде 1: 10 000, 1: 5 000 немесе 1: 2 000 масштабтарында (10.2-кесте) жүргізіледі. Қарастырылып отырған жұмыстардың міндетіне шашырау ореолдарын, ал мүмкін болса жеке белдемдерді және кен денелерді анықтау, шекаралау және бағалау жатады. Орындалған жұмыстардың нәтижесінде тау-кен және бұрғылау қазылымдарын орналастыруды негізді жобалауға болатын нақты бөлікшелер бөлінуі қажет.

Қайта түзілген ореолдар бойынша тереңдікті литогеохимиялық зерттеулер тереңдікті геологиялық карталау кезінде жеке жұмыс түрі ретінде жүргізіледі.

10.2-кесте

Шашырау ағындары бойынша литогеохимиялық іздеулердің масштабтары

Масштабы	Торабы		Сынамаларды алу нүктелерінің саны	
	Сынамаланатын бұлақтар арасындағы орташа арақашықтық, км	Бұлақтар бойынша сынама алу нүктелерінің арақашықтығы, км	Картаның 1 см ²	Ауданның 1 км ²
	<i>Алдын ала тексерулік зерттеулер</i>			
1:200 000	1	0,50	4	1
1:100 000	2	0,25	4	4
	<i>Іздеу түсірулері</i>			
1:50 000	0,5	0,05–0,25	2–10	8–40

10.3-кесте

Қайта түзілген ореолдар бойынша литогеохимиялық іздеулердің масштабтары

Масштабы	Арақашықтықтар (м)		Сынамаларды алу нүктелерінің саны	
	Профиль бойынша	Алу нүктелері бойынша	Картаның 1 см ²	Ауданның 1 км ²
	<i>Аймақтық зерттеулер</i>			
1:200 000	2000	100-200	10-20	2-5
1:100 000	1000	100-50	10-20	10-20
	<i>Жеке іздеу зерттеулері</i>			
1:50 000	500	50	10	40
1:25 000	250	50-40	5-7	80-100
	<i>Дәлдікті зерттеулер</i>			
1:10 000	100	20-25	5-4	500-400
1:5 000	50	20-10	2.5-4	1000-2000
1:2 000	25	10	1.6	4000

10.2. Гидрогеохимиялық іздеу әдістері

Гидрогеохимиялық іздеу әдісі табиғи жерүсті және жерасты суларының химиялық құрамын зерттеуге негізделген.

Гидрогеохимиялық іздеу әдісінің маңыздылығы гидросферадағы элементтердің таралу ерекшеліктерін жерасты және жерүсті суларын жүйелі түрде сынағалау арқылы зерттеу кезінде кен денелермен байланысты гидрогеохимиялық ореолдарды анықтаумен сипатталады. Бұл әдістің принциптік негізін мыналар құрайды: 1) судың таужыныстарды ерітуге қабілеттілігі; 2) минералдардың химиялық өзгеруінде судың белсенді қатысуы; 3) қозғалмалы орта сияқты судың қасиеті.

Гидрогеохимиялық іздеу әдістеріне қолайлы нысандарға минералды сулардың (әртүрлі табиғи хлоридтердің және сульфаттардың) кенорындары жатады. Рудалы кенорындардың ішінде гидрогеохимиялық іздеудің қолайлы нысандарына сульфидті, ең алдымен колчеданды-полиметалды және дисульфидтерге бай мысколчеданды кенорындар жатады. Табиғи сулар кенді элементтермен негізінен сульфидті кендердің гипергенді қышқылдануы кезінде байытылады.

Табиғи сулардағы химиялық элементтердің қозғалмалылығы негізінен олардың тұзды құрамына, қышқылды-сілтілі және тотығу-тотықсыздану қасиеттеріне байланысты болады. Олардың негізгі көрсеткіштеріне - O_2 , H_2S , CO_2 , Eh және pH жатады. Кен денелердің әсерінен өзгерістерге ұшырайтын сулардың геохимиялық параметрлері және суларда орналасқан химиялық элементтер гидрогеохимиялық индикатор-элементтер деп аталады және іздеу белгілерінің маңызына ие болады.

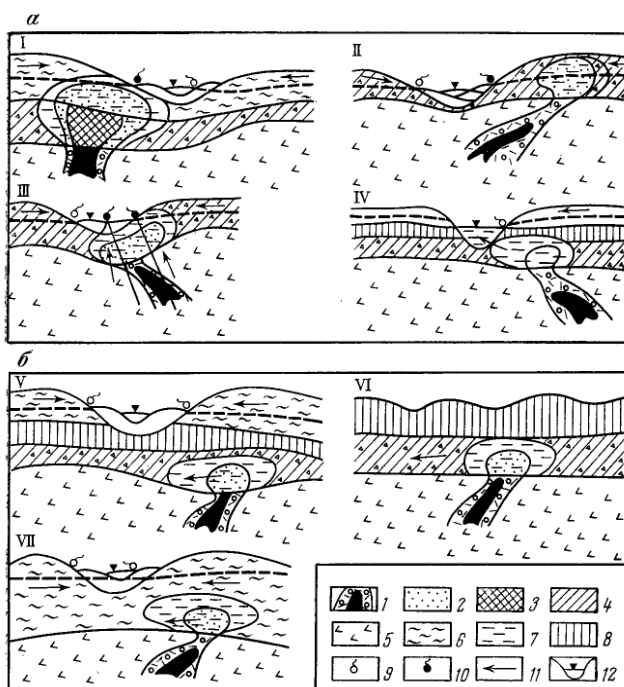
Табиғи сулардағы кез келген элемент үшін сулы миграцияның қарқындылығы судың құрғақ қалдығындағы химиялық элемент мөлшерінің сусыйыстырушы таужыныстардағы сол элементтің мөлшеріне қатынасымен сипатталатын коэффициентпен көрсетіледі. Сулы миграцияның коэффициенті келесі формуламен анықталады:

$$K_x = \frac{Mx \cdot 100}{a \cdot Cx}$$

Тұра іздеу белгілерінің қатарына сол типті кенорыңға сай келетін, ореолды суларда контрастылы аномалды концентрация-

ларды туғызатын кен түзуші және кейбір бірге жүретін элементтер жатады. Ал жанама белгілер қатарына кенді дененің жапсарынан байланысты тұзды компоненттердің өзгеруі және рН, Eh мөлшерлерінің өзгеруі жатады.

Жерасты және жерүсті суларындағы кен денелерінің шашырау ореолдарының ерекшеліктері және жаралуы көптеген табиғи факторларға байланысты, және ең алдымен кен денесі шоғырлануының гидрогеологиялық және геоморфологиялық жағдайларына байланысты. Осыған байланысты сулы шашырау ореолдардың келесідей типтері бөлінеді (10.1-сурет).



10.1-сурет. Сулы шашырау ореолдарының негізгі типтері.

Г. А. Голева бойынша. (а – ашық сулы шашырау ореолдары (I-IV типтері); б – жабық сулы шашырау ореолдары (V-VII типтері). 1 – кен денесі және оның алғашқы ореолы; 2 – қайта түзілген шашырау ореолы; 3 – тотыққан рудалар; 4 – мору қыртысы (су өткізетін); 5 – кенсыйыстырушы таужыныстар; 6 – сулы шөгінді таужыныстар; 7 – сулы шашырау ореолы; 8 – су өткізбейтін горизонт; 9 – рудалы элементтің фондық мөлшерімен сипатталатын бұлақтар; 10 – рудалы элементтің аномалды мөлшерімен сипатталатын бұлақтар; 11 – су қозғалысының бағыты; 12 – эрозияның жергілікті базисі

Ашық сулы шашырау ореолдарының типтеріне қысқаша сипаттама берейік:

I тип – өзендердің аңғарларында аз қалыңдықты су өткізгіш алювиальді шөгінділерден тұратын жамылғылар астында эрозияның жергілікті базисінен төмен орналасқан сулы ореолдар;

II тип – қарқынды суалмасу жағдайындағы суайрықтарда эрозияның жергілікті базисінен жоғары орналасқан сулы ореолдар;

III тип – суайрықтардың беткейлерінде элювий-делювий шөгінділерінің астында орналасқан сулы ореолдар;

IV тип – эрозияның жергілікті базисінен біршама төмен болатын, борпылдақ аллохтонды шөгінділерден тұратын жамылғыларының астында кенсыйыстырушы таужыныстар қабатында жасырын орналасқан сулы ореолдар.

Ашық сулы шашырау ореолдары жер үстінде терең грунт және арынды сулардың әртүрлі шығу ошақтары түрінде көрсетіледі.

Жабық сулы шашырау ореолдары (V-VII типтері) тауалды және жазықты облыстарда, эрозияның жергілікті базисінен төмен орналасқан кен денелерін жиектейді.

Келесі жағдайларда орналасқан пайдалы қазбалар кенорындарын іздеуде гидрогеохимиялық әдісті қолдану өте тиімді болады:

1) биогеохимиялық іздеу әдісі тиімді болмағанда, алыстан келген қалыңдығы жоғары борпылдақ шөгінділермен көмкерілген бөлікшелерде;

2) бедері бөлшектенген жоғары таулы аудандарда, бұл жерде жерасты сулары дренажының өзіне тән ерекшеліктері жағдайында гидрогеохимиялық аномалияларды біршама нақты интерпретациялауға мүмкіндік туады;

3) платформалық жағдайларда, пайдалы қазба денелерінің эрозияның жергілікті базисінен төмен орналасу ықтималдығы кезінде.

Қойылған міндеттерге байланысты гидрогеохимиялық зерттеулер *аймақтық* (1:200 000–1:100 000), *жеке іздеу* (1:50 000–1:25 000) және *дәлдікті* (1:10 000 және одан жоғары) зерттеулер деп бөлінеді.

Аймақтық зерттеулер аймақтың жалпы геохимиялық және гидрогеохимиялық ерекшеліктерін анықтауға және перспективті

аймақтарды бөлуге септігін тигізеді. Сол үшін бұл кезең гидрогеохимиялық зерттеулерде өте маңызды болып келеді.

Жеке іздеу зерттеулері перспективті аудандарда гидрогеохимиялық ореолдарды анықтау үшін және дәлдікті жұмыстарды жүргізуге қолайлы бөлікшелерді бөлу үшін жүргізіледі.

Дәлдікті зерттеулер кенорындарды контурлау үшін жүргізіледі, ал кейбір жағдайларда тіпті алғашқы зерттеулермен анықталған перспективті бөлікшелерде кен денелерді контурлау үшін жүргізіледі.

Гидрогеохимиялық сынамалар жерасты суларының табиғи қайнар көздерінен, жерүсті суларынан (өзендер, жылғалар, батпақтар, көлдер, және т.б.), бұрғылау ұңғымаларынан және тау қазылымдарынан алынады. Ауданның геологиялық және ландшафты-геохимиялық құрылысына байланысты аймақтық зерттеу жұмыстары кезінде 10 км² ауданға 1-10 суалу орны, ал жеке іздеу зерттеулері кезінде 10 км² ауданға 10-50 суалу орны болуы керек. Дәлдікті жұмыстар кезінде сынамалар алу нүктелерінің арасы 100 м аспауы керек. Тереңдікті геологиялық карта түсіру жұмыстары міндетті түрде барлық ұңғымалардағы суларды сынамалаумен бірге жүргізіледі. Сынамалар сумен шайылатын, талдауларға арналған арнайы таза ыдысқа алынады. Сынаманың мөлшері 0,5-1 л болады.

Сынамаларды табиғи су көздерінен алған кезде орографиялық және гидрографиялық элементтерге қарағанда оның орны анықталады, сусыйыстырушы таужыныстардың сипаты зерттеледі, су көзінің типі анықталады және судың шығу сипаты зерттеледі, су көзінің дебиті өлшенеді, судың физикалық қасиеттері анықталады, су көзіндегі шөгінділердің үлгілері алынады, судың ағуы болған жағдайда су тексеріледі және ластануы анықталады. Осы аталған барлық бақылаулар пикетті журналға жазылып отырады.

Жерүсті су көздерін сынамалаған кезде бөлікшенің су қоймаларын және гидрогеологиялық жағдайларын сипаттайды, судың шығымын өлшейді, судың физикалық қасиеттерін анықтайды. Ұңғымалардан сынамаларды алу кезінде бірінші ұңғымадан суды айдап шығарады және ұңғыма бойынша

қиманы, ұңғыманың конструкциясын және қолданылған бұрғылау ерітіндісінің сипаттамасын журналда жазады.

10.4-кесте
Әртүрлі масштабты гидрогеохимиялық іздеу жұмыстары кезінде табиғи суларды сынағалау торабының тығыздығы

Масштабтар	Зерттеу нысанының геологиялық құрылысының және ландшафты-геохимиялық жағдайының күрделілігі байланысты 1 км ² ауданға тиесілі сынағалау нүктелерінің саны		
	қарапайым	орташа	күрделі
1:200 000	0,1	0,15	0,2-0,4
1: 50 000	1,1	1,7	1,5-2,0
1:25 000	2,3	3,4	4-5
1:10 000	Арақашықтықтары 100 м көп болмайтын жағдайларда барлық су орындары сынағаланады. Егер бұл шарт орындалмаса осы масштабты іздеу жұмыстары жүргізілмейді.		

Гидрогеохимиялық зерттеулер кезінде тәжірибелік жұмыстар жаңа бөлікшелерде және аудандарда кенорындардың жаңа типтерін іздеу үшін жүргізіледі. Олардың нәтижелерінде келесі мәселелер шешілуі қажет: 1) белгілі кенорындардың гидрогеохимиялық ореолдарының морфологиялық және геохимиялық ерекшеліктерін зерттеу; 2) гидрогеохимиялық және литогеохимиялық ореолдардың байланысын анықтау; 3) күтудегі кенорындардың аномалияларын қалыптастыратын индикатор-элементтерді анықтау; 4) индикатор-элементтердің фондық және аномалдық мөлшерлерін анықтау; 5) сулы ореолдардың тәртібін анықтау.

Аймақтық гидрогеохимиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша сулардың жалпы химиялық және микрокомпонентті құрамының карталары салынады. Сулардың жалпы химиялық құрамы көрсетілетін карталарда сулардың типтері бөлінеді және олардың химиялық құрамы көрсетіледі. Бұл карта гидрогеологиялық картаның негізінде ландшафты-геохимиялық жағдайларды ескере отырып жасалады. Судың микрокомпонентті

құрамы көрсетілетін картада микрокомпоненттердің кешендері бойынша өзгешеленетін бөлікшелер бөлінеді, ал олардың ауқымында бір немесе бірнеше индикатор-элементтердің аномалды мөлшерлерімен сипатталатын аудандарды бөледі.

Орта және ірі масштабты гидрогеохимиялық зерттеулер бойынша алынған деректер гидрогеохимиялық аномалияларды бөлуге және олардың кен денесімен байланысын анықтауға негіз болады.

Жалпы гидрогеохимиялық зерттеулердің нәтижесі негізінде нақты бір пайдалы қазбаны анықтауға перспективті болатын бөлікшелердің карталары құрастырылады, егер перспективті бөлікшелердің саны көп болса, онда ең алдымен бірінші кезектегі бөлікшелер бөлінеді.

10.3. Биогеохимиялық іздеу әдістері

Биогеохимиялық іздеу әдістері тірі заттардың, яғни өсімдіктердің химиялық құрамын зерттеуге негізделген. Қазіргі биогеохимиялық іздеулер заттың химиялық талдауымен байланысты. Биогеохимиялық іздеу әдісінің қолданылуы тек қана қайта түзілген шашырау ореолдары бойынша жүргізілетін қарапайым литогеохимиялық іздеу әдісіне қарағанда басымдылыққа ие болғанда тиімді болады.

Рудалы кенорындарды биогеохимиялық әдіспен іздеу жұмыстарының дамуымен С. М. Ткалич, А. П. Виноградов, В. В. Поликарпочкин, А. Л. Ковалевский және т. б. ғалымдар айналысқан. Зерттеулердің нәтижелері бойынша Cu, Zn, Pb, U, Mo, Ni, В, Au және т.б. пайдалы қазба кенорындарының үстінде өсетін өсімдіктердің химиялық құрамында биогеохимиялық аномалиялардың бар болуы әрдайым дәлелденіп отырған. Әдетте бұл биогеохимиялық түсірулер басым болып келетін бір немесе бірнеше өсімдіктер түрін сынамалау арқылы, өсімдікті заттарды күлге айналдыру және сол алынған өсімдік күлдерін спектрлік талдау арқылы жүзеге асқан.

Топырақтың химиялық құрамы және оның үстінде өсетін өсімдіктердің арасындағы байланыс өте күрделі болып келеді. Жердің биомассасының құрамында жалпы жануарлар

ағзаларының үлесі азғантай, ал биосфера кларктары өсімдіктің орташа химиялық құрамын айтарлықтай жақын сипаттайды. Геосфераның химиялық құрамына сәйкес (2.1- кестені қараңыз) 10 элемент (O, C, H, Ca, K, Na, Si, Mg, P, S) тұтас алғанда биомассаның 99,96% құрайды, ал алғашқы 3 макроэлемент (O, C, H) барлық биомассаның 98,5% құрайды. Қалған барлық 82 микроэлементтің үлесіне 0,04% тірі заттар келеді. Тірі заттардың 50% көп массасын су құрайды, ал сумен оттегінің және сутегінің бірталай саны байланысты болады.

Атмосферадан алынған биосфераның газ тәрізді элементтері заттардың биологиялық айналымы үдерісі кезінде атмосфераға қайтып келеді. Микроэлементтердің биогенді миграциясының геологиялық рөлін сипаттау үшін Б.Б. Полюнов өсімдік күліндегі элемент мөлшерінің топырақтағы мөлшеріне қатынасын сипаттайтын шаманы ұсынды (10.5-кесте). Бұл көрсеткішті биологиялық жұтылу коэффициенті (A_x) деп атайды және келесі формуламен анықталады:

$$A_x = \frac{C_2}{C_1}$$

мұнда C_2 – өсімдік күліндегі элементтің мөлшері, %;

C_1 – топырақтағы элементтің мөлшері, %.

10.5-кесте

Өсімдіктер күліндегі элементтердің мөлшерлері және биологиялық жұтылу коэффициенттері

	Элемент	$C_2 \cdot 10^{-4}$ %	A_x	Элемент	$C_2 \cdot 10^{-4}$ %	A_x
1	Mn	4800	6,86	Mo	12	9,23
2	Zn	1000	19,6	Sn	5	1,85
3	Ti	650	0,2	As	3	1,58
4	Cu	200	9,09	Be	2	0,80
5	Pb	50	3,73	Ag	0,6	12,5
6	Ni	40	1,54	Hg	0,25	7,58
7	Co	20	2,74	Sb	0,10	0,50

Кестеден көргеніміздей, Ti, Be, Sb элементтерінен басқа қалған рудалы элементтердің Ax коэффициентінің мәні 1-ден жоғары. Бұл жағдай осы элементтердің минералдану нәтижесінде топырақтың жоғарғы горизонттарында жиналу қабілеттілігін көрсетеді.

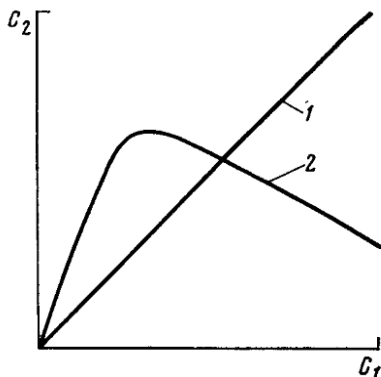
Көне кеніштік үйінділеріндегі топырақтарда металдардың жоғары мөлшерлері кезінде кен денелері үстінде өсетін өсімдіктердің күлдерінде рудалы элементтердің мөлшері олардың орташа мөлшерінен он есе, тіпті жүз есе артық болғаны анықталған. Металдардың барынша көп концентрациялануына өсімдіктердің нақты түрлері қабілетті болып келеді. Мысалы: Zn 20% көп, Ni 8%-ға дейін, Cu, Pb, As, Be 1%-дан жоғары. Бірақ мұндай өсімдіктер барлық жерде таралмаған, сол себепті олар биогеохимиялық іздеу әдістерін жүргізуге жарамсыз болып келеді. Биогеохимиялық іздеу жұмыстары күлдері биогеохимиялық фон облысында тұрақты төмен, бірақ та кенорындардың маңайында аномалды мөлшерлерге дейін өсетін индикатор-элементтердің нақты бір мөлшерлерімен сипатталатын өсімдік түрлерін сынамалау кезінде өте жақсы нәтижелерге ие болады.

Бұл жағдай өсімдіктің жергілікті түрлерінің күлдерінде жергілікті фондық (C_f) және рудалы элементтің аномалды мөлшерінің (C_A) параметрлерін жете бағалаудың қажеттілігін анықтайды.

Рудалы элементтердің өсімдіктің өмір сүру ортасындағы мөлшерімен өсімдік күліндегі мөлшерінің арасындағы байланысының екі негізгі типі анықталған (10.2-сурет). Бірінші тип өсімдік күліндегі рудалы элемент мөлшерінің сызықты өсуін және оның топырақтағы мөлшерінің пропорционал өсуін көрсетеді. Бұл өсімдіктер сол элементтің кенорындарын биогеохимиялық әдіспен іздеу кезінде сынамалуға қолайлы болып келеді.

Екінші тип металдың топырақтағы мөлшерінің және өсімдік күліндегі мөлшерінің арасындағы байланыстылық сол металдың аз мөлшері кезінде пропорционалдық байланыстылықпен сипатталады. Топырақта металдың аномалды жоғары мөлшерлері кезінде биологиялық жұтылу коэффициентінің (Ax) үдемелі төмендеуі басталады. Осындай байланыстылық өсімдік

ағзаларына химиялық элементтердің артық мөлшерде түсуіне кедергі жасайтын өсімдіктердегі қорғанышты физиологиялық тосқауылдардың бар болуымен сипатталады. Рудалы элементтердің фондық мөлшерлерінің маңында осындай физиологиялық тосқауылдары анықталатын өсімдіктер биогеохимиялық іздеу жұмыстарын жүргізуге жарамсыз болып келеді.



10.2-сурет. Рудалы элементтің өсімдік күліндегі (C_2) мөлшерінің сол элементтің топырақтағы мөлшеріне (C_1) байланысының графигі:

- 1 – пропорционалды биологиялық жұтылу;
- 2 – биологиялық тосқауылдың бар болуы

Биогеохимиялық іздеу әдісінің мүмкін болатын тиімділігін анықтайтын тағы бір белгісіне өсімдіктердің тамырлық жүйелері дамитын *тереңдік* жатады.

Қағида бойынша, бұл тереңдік 0,2-1 м-ден 20 м аралығында өзгере отырып, тұрақты тоң аудандарында минималды болады, гумидті климат жағдайында ұстамды шамаға және аридті белдемді аудандарда максималды шамаға ие болады. Тамырлары тереңге жететін өсімдіктердің жеке түрлері үшін бұл көрсеткіш үлкен шамаларға жетеді. Мысалы: жусан өсімдігінде 25 м, сексеуілде 37 м, түйе тікенегінде 40 м.

Қойылған міндеттерге байланысты биогеохимиялық зерттеулерді *аймақтық* (1:200 000 – 1:100 000), *жеке іздеу* (1:50 000 – 1:25 000) және *дәлдікті* (1: 10 000 және одан жоғары) жұмыстары деп бөлінеді.

Аймақтық зерттеу жұмыстары ауданның жалпы геохимиялық және биогеохимиялық сипаттамаларын анықтауға септігін тигізеді. Бұл жұмыстарды жүргізгенде кенорны бөлігінің биогеохимиялық ореолдарын анықтауға мүмкіндік туады. Бұл кезеңнің негізгі міндеті келесі кезеңдердегі биогеохимиялық іздеу жұмыстарының тиімділігін қамтамасыз ететін тәжірибелі-әдістемелік зерттеулерді жүргізу.

Жеке іздеу жұмыстары жаңа пайдалы қазба кенорындарының биогеохимиялық ореолдарын және олардың орналасуының жалпы заңдылықтарын анықтауға алып келуі қажет. Пайдалы қазбаларды болжаумен жүргізілетін терең геологиялық карталауды жобалағанда биогеохимиялық іздеулер бұрғылаудан бұрын жүргізілуі керек, ал олардың мәліметтері ұңғылардың орнын анықтағанда ескерілуі қажет.

Дәлдікті жұмыстар кенорындардың, жеке кенді белдемдер және кен денелерінің биогеохимиялық ореолдарын анықтау және контурлау мақсатында жүргізіледі.

Тәжірибелік жұмыстар кен денелерде және кенсіз бөлікшелерде жүргізілуі қажет және ботаникалық және биогеохимиялық зерттеулерден тұруы керек. Ботаникалық зерттеулер кезінде сол ауданда өсетін өсімдіктердің негізгі түрлері анықталады және гербарий құрастырылады. Биогеохимиялық тәжірибелік жұмыстардың көмегімен келесі негізгі міндеттер шешіледі:

- ауданның көп тараған өсімдіктерінде индикатор-элементтердің мөлшеріне фенологиялық фазалар дамуының және көнелігінің әсерін анықтау;
- индикатор-элементтердің таралу заңдылығын анықтау;
- өсімдіктердегі металдар арасындағы байланыстың ерекшеліктерін анықтау;
- аудандағы дамыған негізгі өсімдіктердегі индикатор-элементтердің физиологиялық тосқауылдармен жұтылуын анықтау;
- сынамалауға қолайлы өсімдіктерді анықтау (әдетте көп тарағандардың 2-5 түрі жеткілікті);
- индикатор-элементтердің кешенін анықтау, олардың мөлшерін анықтау жұмыстары сынамаларда жүргізілуі керек;

- қайта түзілген шашырау ореолдарының және кен денелерінің құрамына және орналасуына байланысты, борпылдақ шөгінділердің қалыңдығына және ландшафты-геохимиялық жағдайларға байланысты биогеохимиялық ореолдардың морфологиялық және биогеохимиялық ерекшеліктерін анықтау;

- нақты ландшафты-геохимиялық жағдайларда сынамаға негізгі өсімдіктерді алу кезіндегі әдістің тереңділігін анықтау;

- биогеохимиялық іздеулер нәтижелерін литогеохимиялық іздеулердің нәтижелерімен салыстыру;

- әртүрлі ландшафты-геохимиялық жағдайларда өсіп жетілетін өсімдіктердегі негізгі индикатор-элементтердің таралуындағы әркелкілікті анықтау.

Биогеохимиялық зерттеулерді жүргізу кезінде сынамалау торабы, профильдердің бағыты және жұмыстардың масштабын ірілету реттілігі қайта түзілген шашырау ореолдары бойынша литогеохимиялық іздеу жұмыстарына қойылатын талаптарға сай болуы керек. Өсімдіктің бір түрі профиль бойынша үнемі кем дегенде 5 нүкте бойынша сынамалануы қажет. Шөпті өсімдіктерді сынамалау кезінде топырақтың бөлшектерімен кірленген тамыр маңындағы жапырақтардан басқа сынамаға барлық жер беті бөлігі толығымен алынады. Көп жылғы бұталарды және ағаштарды сынамалаған кезде сынамаға өсімдіктердің үнемі тек қана бір бөлігін алған дұрыс болады. Яғни, бұтақтардан және жапырақты ағаштардан сынамаға олардың жапырақтарын алған дұрыс, ал тікенекті ағаштардан – соңғы жылда өскен бөлігін тікенектерімен бірге алады.

Сынамаларды алған кезде міндетті түрде пайдалы қазба кенорнын анықтауға мүмкіндік беретін ботаникалық белгілеріне көңіл бөлінуі керек. Мұндай белгілерге мыналар кіреді: өсімдіктердің физиологиялық және морфологиялық өзгерулері; жергілікті және әмбебап индикатор-өсімдіктердің пайда болуы; өсімдік ассоциацияларының өзгеруі; өсімдіктердің даму ырғағындағы елеулі ауытқулар; өсімдіктерге әсер ететін қысымның белгілері немесе өсімдіктердің жоқ болуы.

Қазіргі таңда биогеохимиялық іздеу жұмыстарын жүргізу барысында элементтер жұтылуының биологиялық тосқауылдарына, соның ішінде «тосқауылды» және «тосқауылсыз» өсімдіктерге көңіл бөліне бастады. Көптеген

онмындаған биогеохимиялық сынамаларды талдауларды зерттеу арқылы металдар жинақталатын физиологиялық тосқауыл, өсімдіктер нақты ландшафт жағдайында элементтердің өсімдіктердегі аномалды мөлшерлерінен жоғары болатын үлесін алғаннан кейін өзінің жұмысын бастайды. Бірақ осыған байланысты тағы бір ескеретін мәселе, іздеу жұмыстары кезінде әрбір геохимиялық ландшафтарда әрбір өсімдік үшін элементтің фондық және аномалды мөлшерлерін анықтау қажет болады.

Биогеохимиялық сынамалар *қарапайым* (тек қана бір ағаштың немесе бұтақтың бір шөпті өсімдігі немесе оның бір нақты бөлігі ғана алынады) және *құрамды* болып бөлінеді. Құрама сынамаларға өсімдіктің бір түрі ғана (немесе оның бір нақты бөлігі) алынады, бірақ ауданы 10 м² болатын ауданнан алынады. Құрама сынамаларды алу аймақтық және орта масштабты зерттеулер кезінде алған дұрыс болады. Сынамалардың салмағы тәжірибелік жұмыстарды жүргізгеннен кейін белгілі болады. Алайда, ол шама 20 г, кейде 100-400 г аспайды. Сынамаларды алумен қатар дала кітапшасына оларды міндетті түрде құжаттау жұмыстары жүргізіледі. Құжаттағанда келесі мәліметтер міндетті түрде жазылуы керек: сынаманы алған орны, сынамаланған өсімдік түрі және оның алған бөлігі, фенофазасы және халықтық атауы. Сонымен қатар жауын-шашын кезеңі және оның қарқындылығын көрсету керек.

Биогеохимиялық іздеу әдісі келесі ландшафты-геохимиялық және климаттық белдемдерде жүргізген тиімді болады:

1) баяу денудациялы гумидті белдемде, егер элювий-делювий шөгінділерінен және морылу қыртысынан индикатор-элементтердің шаймалануы кең дамыған болса;

2) гумидті және біркелкі ылғалды белдемдерде, егер қайта түзілген литогеохимиялық ореолдар қалыңдығы 40 м, ал кейбір жағдайларда 80 м болатын шөгінділермен көмкерілген болса;

3) батпақты жазықтарда және шымтезекті батпақтарда, егер потенциалды кенсыйыстырушы түбірлік таужыныстар аз тереңдікте (2-10 м) орналасқан болса;

4) түгелдей мүкті жамылғымен жабылған бөлікшелерде, егер литогеохимиялық сынамаларды алу қиын болса және үлкен шығындарды қажет етсе;

5) өсімдікті жамылғымен және жоғарғы шекарасы жер бетінен 1 м тереңдікте орналасқан соқыр литогеохимиялық шашырау ореолымен жабылған бөлікшелерде;

6) ірі кесекті шөгінділермен және өсіп кеткен ағаштар және бұталармен жабындалған бөлікшелерде;

7) батпақты жерлерде (олар қатып қалған жағдайда және қыс мезгілінде сынамаларды алуға мүмкін болғанда).

Осыған сәйкес биогеохимиялық іздеу жұмыстарын келесі жағдайларда жүргізген орынсыз болады:

1) алғашқы және қайта түзілген ореолдар ашылып жатқан белсенді денудацияланатын аудандарда;

2) алғашқы және қайта түзілген ореолдар өсімдіктердің тамырлы жүйелеріне жетпейтін тереңдіктерде орналасқанда;

3) тосқауылсыз өсімдік түрлері жоқ аудандарда;

4) қиын ерігіш ірі кристалдар құрамына кірген және өсімдіктердің жету аясынан тысқары орналасқан индикатор-элементтері бар рудаларды іздеу кезінде.

10.4. Атмогеохимиялық іздеу әдістері

Пайдалы қазба кенорындарын іздеудің атмогеохимиялық әдістері жерасты атмосфераның құрамын зерттеуге негізделген, яғни жер бетіне жақын орналасқан тау жыныстарды қанықтыратын газдардың химиялық құрамын зерттеуге негізделген. Егер газды сынама аз тереңдіктерде (1-3 м) алынса, онда топырақ астындағы ауаның зерттелуі туарлы айтуға. Қазіргі газды түсірулер тереңдігі 20-600 м болатын сынама алумен жүргізіледі. Сирек, жер маңы атмосфераның газды құрамы зерттеледі, осы тұғырда атмогеохимиялық түсірулердің жеделділігі артады.

Жер атмосферасын негізінен үш газ құрайды – азот (78% шамасында), оттегі ($\approx 21\%$) және аргон ($\approx 1\%$), жалпы қосындысы Жер массасының 99,94% құрайды. Ауыспалы (айнымалы) сандармен атмосферада судың буы бар: $\text{CO}_2 \approx 0,03\%$, ал басқа газдар $10^{-4} - 10^{-6}$ және одан да төмен болады. Төмен геохимиялық фон және газды фазадағы химиялық элементтердің жоғары қозғалмалылығы кез келген пайдалы

казба кенорындарының атмогеохимиялық шашырау ореолдарының жаралуына қолайлы жағдай жасайды.

Атмогеохимиялық іздеу әдісінің қалыптасуы өткен ғасырдың 30 жылдар басына тән және В. А. Соколовтың атымен байланысты. Бұл сынамалардан көмірсутекті газдардың мөлшерін анықтау арқылы мұнай мен газ кенорындарын іздеу жұмыстары болды. Осы жылдары іздеу мақсаттарында топырақ ауасында радон мен торонның мөлшерлерін анықтайтын эманациялық түсіру (радиобелсенді заттардың ажырауынан пайда болатын газ тәрізді заттарды түсіру) әдісі қалыптасты. Кейіннен эманациялық түсіру әдісі қоданбалы геохимияның жеке саласын құрайтын радиоактивті кендерді радиометрлік әдіспен іздеу әдісінің құрамына кірді.

Өткен ғасырдың 50-60 жылдары Е. А. Сергеев рудалы кенорындарды іздеудің газ-сынапты әдісін іздеу жұмыстарының арсеналына енгізді. Осы жылдары рудалы кенорындарды жанама индикатор-газдар (CO_2 , O_2) бойынша іздеуде атмогеохимиялық әдісті қолдану арқылы зерттеу жұмыстары басталды.

Рудалы кенорындардың атмогеохимиялық шашырау ореолдарын құрайтын газдардың үш тобы белгілі:

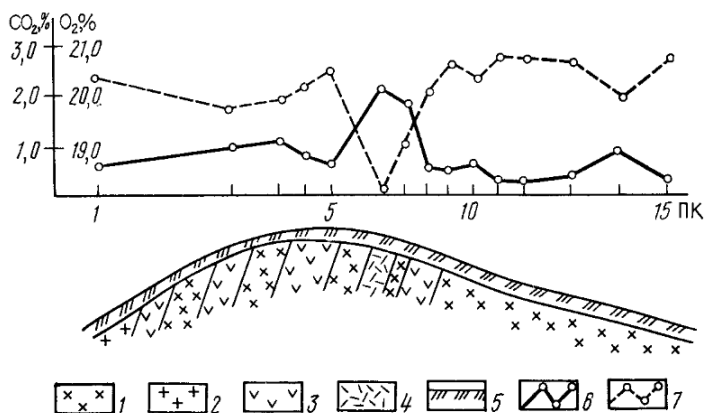
1) Рудажаралу процесімен сингенетикалық болатын газдар. Бірінші топты алғашқы газдар – кенжаралу процесінің компоненттері құрайды. Гидротермалды кенорындар үшін бұл көмірқышқыл газы, аргон, күкіртсутек, метан, сутегі, галогендердің ұшпа қосылыстары және т.б. жатады. Осылардың ішінде ең көп тарағаны көмірқышқыл газы болып келеді.

2) Тектоникалық бұзылыстар белдеміндегі газды компоненттер. Екінші топты жарылысты бұзылыстар белдемі бойынша тереңнен келетін газдар құрайды. Бұл газды компоненттер (көмірқышқыл газ, гелий, сутегі, көмірсутекті газдар, аргон, сынап булары) мантия дегазациясының өнімдері, сонымен қатар жер қойнауында өтетін химиялық және ядролық реакциялардың өнімдері.

3) Гипергенді процестерде туындайтын газды компоненттер. Үшінші топқа рудалы кенорындардың гипергенез белдемінде өтетін процестер нәтижесінде қалыптасатын газды

компоненттер (CO_2 , O_2 , H_2 , H_2S , S , O_2 және басқалар) жатады. Рудалы минералдардың физика-химиялық өзгерулері сульфидті кенорындардың тотығу белдемінде қарқынды өтеді.

Жоғарыда келтірілген үш топтың газды компоненттерінің қосылыстары рудалы кенорындарда қалыптасатын көп компонентті атмогеохимиялық шашырау ореолдарын сипаттайды. 10.3-суретте пириттену белдемін қиып өтетін профиль бойынша жүргізілген атмогеохимиялық түсірудің нәтижесі көрсетілген. Мұнда топырақ ауасында CO_2 аномалды жоғары мөлшері, ал O_2 төмен мөлшері көрсетілген.



10.3-сурет. Пириттену белдемі үстіндегі газды ореол.

Сынама алу тереңдігі 1,5 м.

1 – гнейстер; 2 – граниттер; 3 – кварцты порфирлер; 4 – пириттену белдемі; 5 – борпылдақ шөгінділер; 6,7 – CO_2 (6) және O_2 (7) мөлшерлерінің графикалары

Геохимиялық іздеу әдістерін басқа түрлерімен салыстырғанда атомгеохимиялық әдістің құндылығына оның тереңділігі жатады. Газды шашырау ореолдары химиялық элементтерден, органикалық, бейорганикалық және элементті-органикалық қоспалардан тұрады. Газды ореолдар литогеохимиялық ореолдарға қарағанда динамикалық (қозғалмалы) жүйе болып табылады. Газды шашырау ореолдары кенорны қалыптасқан

сәттен бастап, сол кенорны экзогенді процестермен толық жойылғанға дейін өзінің дамуын жалғастырады.

Қазіргі таңда атмогеохимиялық іздеу жұмыстары кезінде газдардың тек қана кейбір түрлері қолданылады. Оларға: көмірқышқыл газы, көмірсутектер, сутегі, күкіртті газ, оттегі, гелий, аргон және радон жатады. Бірақта осы аталған газдардың аномалды концентрацияларының көздеріне тек қана рудалы кенорындар емес, сонымен қатар рудалы кенорындардың қалыптасуына ешбір қатынасы жоқ жер бетінде және жер бетіне жақын маңда жүзеге асатын көптеген химиялық, биохимиялық және радиоактивті процестер жатады. Осындай жағдай атмогеохимиялық іздеу жұмыстарының нәтижелерін интерпретациялау кезінде бірқатар қиындықтар тұғызып, басқа геохимиялық іздеу әдістерін, соның ішінде литогеохимиялық іздеу әдісін қолдануды қажет етеді.

Атмогеохимиялық әдістер келесі негізгі міндеттерді шешу үшін ұтымды пайдаланылуы мүмкін:

1) барлық климаттық және ландшафтық жағдайдағы жамылғы шөгінділердің кең дамыған аудандарында жарылысты құрылымдарды анықтау және қадағалау үшін;

2) соқыр кенденуге перспективті кенді белдемдерді анықтау үшін;

3) мұнай және газ кенорындарын іздеу үшін;

4) сынап кенорындарын іздеу үшін.

Қазіргі кезде үш жеке атмохимиялық әдістер қолданылады:

1) топырақ асты ауадағы газды компоненттер арқылы іздеу; 2) сынап булары бойынша газсынапты іздеулер; 3) сулы-гелийлі ореолдар бойынша іздеу.

Газсынапты әдіс біршама табысты дамуда, оның көмегімен сынапты және сынап құрамды рудалы кенорындардың тікелей іздеу белгілері бөлінеді. Газсынапты аномалиялардың (ореолдардың) қайнар көзіне келесілер жатады: 1) минералдану, кен білінімдері, кен денелері және кенорындар, 2) терең жарылым белдемдері.

Пайдалы қазба кенорындарын атмогеохимиялық әдістермен іздеу жұмыстарының негізгі көлемі қазірше мұнай және газ шоғырларын іздеудің үлесіне келеді. Мұнай және газды

атмогеохимиялық іздеулер әртүрлі сатыларда жүргізілуі мүмкін, аймақтықтан бастап (масштабы 1:100 000 – 1:500 000) дәлдіктімен (масштабы 1:25 000) аяқталады. Бұларды геофизикалық зерттеулерден кейін және геологиялық құрылымдарды бөлгеннен кейін перспективті шоғырларды анықтау үшін жүргізген дұрыс.

Кен денелерді іздеуде атмогеохимиялық әдістерді жас шөгінділер қабатымен жабылған бөлікшелерде қолданған дұрыс болады. Бұларды жүргізу тек қана атмогеохимиялық іздеу әдістерінің тиімділігі дәлелдеген тәжірибелік-әдістемелік зерттеулерден кейін мүмкін болады. Рудалы кенорындарды іздеу кезінде атмогеохимиялық әдісті зерттеу масштабы 1:50 000-1:25 000 болатын кенорындарды іздеу сатысы кезінде қолданған орынды болады. Бұл зерттеулер жеке жүргізілуі мүмкін, сонымен қатар басқа да геологиялық барлау жұмыстарымен кешенді түрде жүргізілуі мүмкін.

Барлық жаңа аудандарда атмогеохимиялық әдістермен іздеу жұмыстарынан бұрын келесі мәселелерді шешу мақсатында тәжірибелік-әдістемелік зерттеулер жүргізіледі: 1) күтілімдегі пайдалы қазба денелері үстінде нақты геологиялық және ландшафты-геохимиялық жағдайда газды ореолдар жаралу мүмкіндігі; 2) аномалиялар қандай индикаторларды құрайды; 3) сынама алудың қолайлы тереңдігін анықтау; 4) іздеуге таңдалған индикаторлардың фондық және аномалдық мөлшерлерінің мәнін анықтау; 5) басқа іздеу әдістерімен салыстырғанда атмогеохимиялық әдістердің тиімділігі және арзан болуы.

Атмогеохимиялық түсірулер кезінде газды сынама алу жұмыстары ұңғымалардан топырақ ауасының атмосферамен белсенді газалмасу горизонтынан төмен тереңдіктерде алынады. Арнайы зерттеулер арқылы осы горизонттың тереңдігі 1,5 м орналасқаны анықталған. Тәжірибе жүзінде рудалы кенорындарды іздеу кезінде сынамалар 3 м тереңдіктен алынады. Мұнай және газ шоғырларын іздеудің алғашқы сатыларында сынамалар аз тереңдікке (әдетте 25-30 м-ге дейін) және 10x2 немесе 5x2 км торабы бойынша бұрғыланған ұңғымалардан алынады. Іздеу жұмыстарының келесі сатыларында сынама алу тереңдігі 200м жетеді. Терең ұңғымаларды бұрғылағанда міндетті түрде газды каротаж жұмыстары жүргізіледі.

Рудалы кенорындарды іздеу кезінде сынамалар топырақ асты ауадан арнайы ампулаларға (250 мл) алынады. Сынама алу кезінде ұңғыманың забойы атмосферадан оқшауланады және забой маңы камерасынан топырақ асты газдардың құрамын көрсетпейтін ауадан тазартылады. Қатты пайдалы қазбаларды іздеу кезінде газды сынамалау жұмыстары шахталы-интерферометр (ШИ-10) көмегімен CO_2 мөлшерін анықтаумен қатар жүргізіледі. Газ-сынапты түсірулер кезінде сынамалар алтын сорбенті бар арнайы зондтар арқылы алынады. Сынама 40-60 см тереңдіктен алынады. Сорғыштың көмегімен топырақ ауасы сорылып алынады, алтын сорбентімен сынап адсорбцияланады, содан кейін сорбенті қыздырады және сынап буларының мөлшері анықталады.

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. *Алексеев В. А.* Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. Учебник. – Второе издание, пререраб. и допю – М.: Логос, 2000. – 354 с.
2. *Алексеев В. А., Алексеев Л.П.* Геохимические барьеры. Учебное пособие. – М.: Логос, 2003. – 144 с.
3. *Ворошилов В. Г.* Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие. Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 104 с.
4. *Соловев А. П.* Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1985. – 294 с.
5. *Соловев А. П., Матвеев А. А., Ряховский В. М.* Геохимические методы поисков рудных месторождений.. – М.: Издательство Московского университета, 1978. – 184 с.
6. *Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. / А. П.Соловев, А. Я. Архипов, В. А. Бугров и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.*
7. *Перельман А. И.* Геохимия, учебник для геологических специальностей вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.
8. *Перельман А. И.* Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975.
9. *Жеребцов В. А.* Прикладная геохимия. Учебник для студентов геологических вузов. Алматы, Казакпарат, 2002. – 184 с.
10. *Методическое руководство по литохимическим методам поисков рудных месторождений.* Кокшетау: Комитет геологии и недропользования МЭМР РК, 2005. 243 с. Составители: *Р. Р. Ивлев, А. Б. Халтурин, С. С. Солнцев, В. Б. Македон и др.*
11. *Матвеев А. А.* Геохимические поиски месторождений полезных ископаемых. Краткий курс лекций. – М.: Издательство Московского университета, 2003. – 110 с.
12. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / Министерствто геологии СССР. – М.: Недра, 1983. – 191 с.

13. Сейітов Н., Абдулин А. А. Геология терминдерінің сөздігі. – Алматы: «Қазақстан», 1996. – 396 б.

14. Геологиялық қазақша-орысша және орысша-қазақша терминологиялық сөздік. – Алматы: «Ғылым» ғылыми баспа орталығы, 2004. – 450 б. Авторлары: Ә. Б. Байбатиша (жетекші), А. Т. Бекботаев, А. А. Жүнісов, Ф. Қабиев, Н. Сеитов, М. Серікбаев.

15. Щербина В. В. Основы геохимии. – М.: Недра, 1972, - 296 с.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ.....	3
1. «ПАЙДАЛЫ ҚАЗБА КЕНОРЫНДАРЫН ГЕОХИМИЯЛЫҚ ІЗДЕУ ӘДІСТЕРІ» ОҚУ ПӘНІ ЖАЙЛЫ ЖАЛПЫЛАМА МӘЛІМЕТТЕР.....	5
1.1. «Пайдалы қазба кенорындарын геохимиялық іздеу әдістері» оқу пәнінің мақсаттары мен міндеттері.....	5
1.2. Жер қыртысындағы химиялық элементтердің концентрациялану және шашырау процестерін зерттейтін геохимияның ғылым ретінде қалыптасуы...	6
2. ҚОЛДАНБАЛЫ ГЕОХИМИЯДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН НЕГІЗГІ ТЕОРИЯЛЫҚ ҚАҒИДАЛАР (ТҰЖЫРЫМДАР).....	13
2.1. Геосферадағы элементтердің жалпы шашырау заңы...	13
2.2. Элементтердің жалпы миграциясы (жылыстау) заңы...	15
2.3. Табиғатта элементтердің кездесу түрлерінің әр алуан болу заңы.....	17
2.4. Жер қыртысындағы элементтердің шашыраңқы күйінің концентрацияланған күйіне қарағанда басым болу заңы.....	19
2.5. Концентрация кларкы.....	20
3. ГЕОХИМИЯЛЫҚ ІЗДЕУ ӘДІСТЕРІНІҢ ЖАЛПЫ ПРИНЦИПТЕРІ.....	23
3.1. Негізгі аймақтық-геохимиялық түсініктер.....	23
3.2. Геохимиялық өріс және оның параметрлері.....	25
3.3. Пайдалы қазба кенорындары және геохимиялық ореолдар	26
3.4. Геологиялық іздеу сілтемелері және іздеу белгілері....	30
4. ЖЕР ҚЫРТЫСЫНДАҒЫ ЭЛЕМЕНТТЕР МИГРАЦИЯСЫНЫҢ ЖАЛПЫ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ...	41
4.1. Элементтерді анықтаудың түрлері.....	45
4.2. Элементтер миграциясының типтері.....	51
4.3. Элементтердің геохимиялық жіктемесі.....	51
4.4. Элементтердің геохимиялық ассоциациялары.....	55
5. ЖЕР ҚЫРТЫСЫНДАҒЫ ХИМИЯЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕР МИГРАЦИЯСЫНЫҢ ІШКІ ЖӘНЕ СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРЫ.....	58

5.1. Жер қыртысындағы химиялық элементтер миграциясының ішкі факторлары.....	58
5.2. Жер қыртысындағы химиялық элементтер миграциясының сыртқы факторлары.....	62
5.3. Геохимиялық тосқауылдар	65
5.3.1. Геохимиялық тосқауылдар туралы ілімнің қысқаша тарихы.....	68
5.3.2. Геохимиялық тосқауылдардың жіктелімі.....	71
6. ГЕОХИМИЯЛЫҚ АНОМАЛИЯЛАР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ ТҮСІНІКТЕР.....	76
6.1. Жалпы мағлұматтар.....	76
6.2. Геохимиялық аномалияларды бөлудің критерийлері... ..	82
6.3. Геосфералардағы геохимиялық аномалиялардың өзара байланысы	86
7. ЛАНДШАФТЫ-ГЕОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР.....	90
7.1. Ландшафтар туралы түсініктер.....	90
7.2. Ландшафтардың жіктелімі.....	96
7.3. Геохимиялық түсірулер.....	99
8. РУДАЛЫ КЕНОРЫНДАРДЫҢ АЛҒАШҚЫ ОРЕОЛДАРЫ.....	102
8.1. Жалпы мағлұматтар.....	102
8.2. Алғашқы ореолдардың параметрлері.....	107
8.3. Алғашқы ореолдардың белдемділігі.....	108
8.4. Алғашқы ореолдардың өнімділігі.	113
9. ПАЙДАЛЫ ҚАЗБА КЕНОРЫНДАРЫНЫҢ ҚАЙТА ТҮЗІЛГЕН ШАШЫРАУ ОРЕОЛДАРЫ.....	114
9.1. Шашырау ореолдары қалыптасуының жалпы заңдылықтары	114
9.2. Қайта түзілген шашырау ореолдарының жіктелімі.....	117
9.3. Литогеохимиялық шашырау ағындары.....	126
10. ПАЙДАЛЫ ҚАЗБА КЕНОРЫНДАРЫН ГЕОХИМИЯЛЫҚ ІЗДЕУ ӘДІСТЕРІ.....	136
10.1. Литогеохимиялық іздеу әдістері.....	139
10.1.1. Алғашқы ореолдар бойынша литогеохимиялық іздеу әдістері.....	140
10.1.2. Қайта түзілген ореолдар және шашырау ағындары бойынша литогеохимиялық іздеу әдістері.....	144

10.2. Гидрогеохимиялық іздеу әдістері.....	147
10.3. Биогеохимиялық іздеу әдістері.....	152
10.4. Атмогеохимиялық іздеу әдістері.....	159
Библиографиялық тізім.....	165

Оқулық басылым

Ялқунжан Камалұлы Аршамов

**ПАЙДАЛЫ ҚАЗБА КЕНОРЫНДАРЫН
ГЕОХИМИЯЛЫҚ ІЗДЕУ ӘДІСТЕРІ**

Оқу құралы

РБ бастығы

З. А. Ғұбайдулина

Редакторы

А. И. Бейсебаева

Компьютерде беттеген

Л. П. Өмірбекова

Басуға қол қойылды 18.03. 2015 ж.

Пішімі 60x84 1/16. №1 баспаханалық қағаз.

Көлемі 10,7 есепті баспа табақ. Шартты баспа табағы 9,9.

Таралымы 300 дана. Тапсырыс № 313.

Бағасы келісімді.

Қ. И. Сәтбаев атындағы

Қазақ ұлттық техникалық университетінің басылымы,

Оқу-баспа орталығы.

Алматы қ., Сәтбаев көшесі, 22

ISBN 978-601-228-716-5



9

7 8 6 0 1 2 2 8 7 1 6 5