

## A NYIRÁD—DARVASTÓI KÉNES BAUXIT GEOKÉMIAI VIZSGÁLATA

IFJ. DR. DUDICH ENDRE\*

(2 ábrával, 2 táblázattal)

**Összefoglalás:** A darvastói bauxitlencsekben a kénes bauxit mennyisége szoros összefüggésben áll a közvetlen fedő cocén szenes agyag vastagságával. A XI. lencse öt fúrásának anyagából összekén-, szulfátkén-, ferrovas- és szervesszénlemezsek, valamint DTA és röntgendiffraktométeres felvételek készültek. Kénes bauxit közvetlenül a fedő alatt, a bauxitösszlet belsejében és közvetlenül a fekü-dolomit felett mutatkozik. A vizgálatok alapján 1. elsődleges, a bauxitalapanyag lerakódásával egyidejű piritisedés; 2. Eh-oszcillációs-újraülepítéssel piritisedés; 3. a mocsári fedővel szingenetikus piritisedés; 4. repedésmenti epigenetikus piritisedés; 5. utólagos vaskioldás és szulfátosodás; 6. utólagos szulfátkimosódási és vízvesztési folyamatok valószínűsíthetők. A kéntartalom a vasoxidációs fokkal fordított viszonyban van.

A Darvastó II., III., IV., IX., XI. és a Nagytárkánypusztá I., III., IV. lencse bauxitjának vizsgálata során (D u d i c h, 1962) felismerhető volt a mocsári fedő vastagsága és a bauxit kénesedésének mértéke közötti lineáris összefüggés (I. táblázat).

I. táblázat — Табл. I.

Összefüggés a kénes bauxit mennyisége és az cocén mocsári szürke agyag vastagsága között  
Связь количества серосодержащих бокситов с мощностью эоценовой углистой глины.

Lencse Залеж	A mocsári fedő átlagos vastagsága m-ben Средн. мощ- ность углис- той глины	A kénes bauxit átlagos vastagsága m-ben Средн. мощ- ность серосо- держащего боксита
Darvastó II.	0,00	0,04
Darvastó III.	1,29	0,20
Darvastó IV.	2,50	0,32
Darvastó IX.	1,16	—
Darvastó XI.	3,50	0,65
Nagytárkány I.	8,65	1,29
Nagytárkány III.	5,17	0,34
Nagytárkány IV.	5,09	0,37

Több mint egy méter mocsári fedő látszik szükségesnek ahhoz, hogy 0,6%-nál nagyobb kéndúsulás jöhessen létre. (A Darvastó II. lencséről a mocsári fedő lepusztult.) A továbbiakban a mocsári fedő 1 m vastagodásának a kénes bauxit mintegy 20 cm-es vastagság-

\* Előadta a Magyarhoni Földtani Társulat Közép-dunántúli Csoportjának 1964. április 10. ülésén, Veszprémben.

II. táblázat – Табл. II.

Az alsó, középső és felső kénés bauxit szélső és átlagértékei a Darvasto XI. lencse vizsgált öt fúrásában  
Сравнение химических данных исследованных бокситов

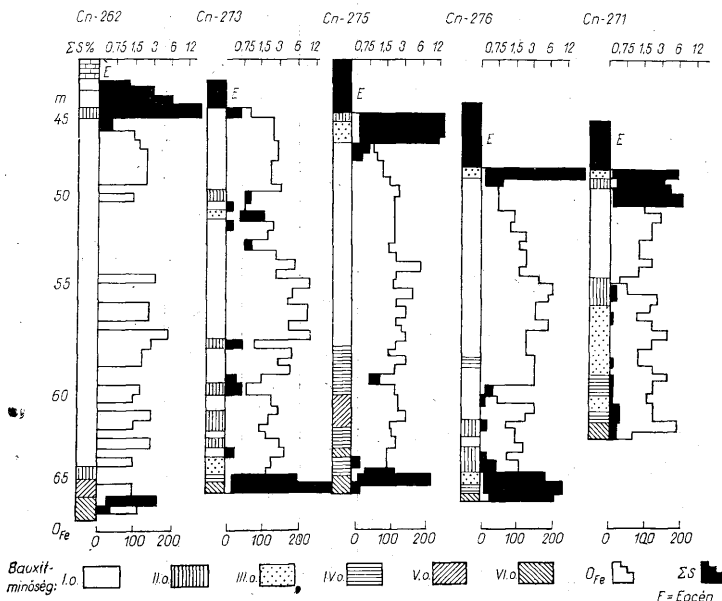
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %			FeO%			O <sub>Fe</sub>			Σ S%			S <sub>сульфат</sub> %			Шамитотт eredeti pirit%
	Min.	Max.	Átlag	Min.	Max.	Átlag	Min.	Max.	Átlag	Min.	Max.	Átlag	Min.	Max.	Átlag	Átlag
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %			FeO%			O <sub>Fe</sub>			Σ S%			S <sub>сульфат</sub> %			Пирит %
	Min.	Max.	Средн.	Min.	Max.	Средн.	Min.	Max.	Средн.	Min.	Max.	Средн.	Min.	Max.	Средн.	Средн.
Felső ..... Верхний горизонт	9,6	36,9	18,5	0,81	14,70	5,85	3,2	21,2	10,7	0,53	14,32	7,28	0,0	6,78	4,05	13,61
Középső ..... Средний горизонт	16,5	23,0	20,0	0,37	2,97	1,47	11,2	108,6	47,3	0,37	1,42	0,87	0,0	0,70	0,25	1,63
Alsó ..... Нижний горизонт	8,5	24,5	16,0	0,37	4,58	2,55	5,6	94,2	23,6	0,16	14,32	5,26	0,0	6,72	3,61	9,83
Normál bauxit Нормальные бокситы	18,0	27,8		0,22	1,51		33,0	220,0		0,01	0,53					

Az átlagok egyszerű számtani átlagértékek. Az O<sub>Fe</sub>-értékek átlagát az egyes O<sub>Fe</sub>-értékekből számítottuk, nem pedig az Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és az FeO átlagából

növekedése felel meg. Ezek az adatok elfogadhatóan egyeznek Komlóssy Gy. és Puskás J. iszkasztgyörgyi megfigyeléseivel.

Az 1963. és 1964. évben a Darvastó XI. lencse egy szelvénybe eső öt fúrásán (Cn-262, Cn-273, Cn-275, Cn-276, Cn-271) végeztünk részletes vizsgálatokat.

A Bauxitkutató Vállalat fenti fúrásai 15–24 m vastag bauxitösszetet harántoltak. Fedőtől fekiig, összesen 176 mintából végeztettünk összeskén és ferroszioxid



1. ábra. A Darvastó XI. lencse 5 fúrásának bauxitgeochemiai szelvénye

Fig. 1. Бокситогеохимический разрез пяти скважин бокситового тела Дарвашто XI. Изяснения: I–VI. качество боксита. I. модуль > 10, II, 7–10, III. 4–7, 2,6–4, V. > 2,6, VI. бокситовая глина. O<sub>Fe</sub> степень окисления железа  $\frac{2Fe_2O_3}{FeO}$  ΣS содержание всей серы

(S és FeO) meghatározást a Fémipari Kutató Intézetben. Rendelkezésünkre álltak a szokásos öt komponenses vegyelemzés (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, izzítási veszteség) adatai. Ezek szerint a minták között I. osztályú bauxittól bauxitos agyagig mindenféle minőség képviselve van.

A 25. jelentősebb kéntartalmat mutató mintából külön meghatározattuk a szulfát formában jelenlevő ként. 15 mintából készítettünk szervesszén (C<sup>org</sup>) elemzést.

Ezenkívül 3 mintából (Cn-273: 50,0–50,5 m; Cn-273: 64,5–65,0 m; Cn-275: 45,5–46,0 m) DTA és röntgendiffraktométeres felvétel készült, Dr. N e m e c z E. professzor szívességéből, a veszprémi Vegyipari Egyetem Ásványtani Tanszékén. Ezek sze-

rint a bauxit gibbsites—böhmites vegyes típusú, fő vasásványai a goethit és a hematit; a vizsgált minták (III. osztályúak) jelentős mennyiségű kaolinitet is tartalmaznak.

Az  $O_{Fe} = \frac{2 Fe_2O_3}{FeO}$  képlettel kiszámítottuk valamennyi minta vasoxidációs fokát,

mint a redoxállapot mérőszámát és az elemi összetételből piritet ( $FeS_2$ ) számítottunk.

Az  $O_{Fe}$ -érték határozott negatív korrelációt mutat az összeskéntartalommal.

Mindezeket az adatokat az 1. és 2. ábrán és a II. táblázaton foglaltuk össze.

Ezekről megállapítható, hogy kénes bauxit az adott szelvényben háromféle elhelyezkedésben található:

1. Felső kénes bauxit, közvetlenül a fedő alatt, 2. középső kénes bauxit, a bauxitösszlet belsejében, 3. alsó kénes bauxit, közvetlenül a fekü felett.

### 1. Felső kénes bauxit

Öt fúrás közül négyben 1–2 m vastag, az ötödikben mindössze egy 0,5 m-es, az iparilag „kénes”-nek számító 0,6% S határértéket megközelítő szakasz képviseli. Az összes vastartalom szélsőséges ingadozást mutat; ez a változatos utólagos vasvándorlásra utal. Még nagyobb a ferrovastartalom ingadozása, a különböző redoxviszonyok következtében. Az  $O_{Fe}$ -értékek átlaga nagyobb a B á r d o s s y Gy. által a kénes bauxitra megadott átlagnál. Az összes kénnek több mint fele jelenleg szulfát formában van jelen. Lefelé a kéntartalom hirtelen csökken. A szervesszéntartalom 0,02–0,17%, meglepően kicsi.

### 2. Középső kénes bauxit

Öt fúrás közül kettőben mutat az ipari határértéket meghaladó kéntartalmat, egy harmadikban pedig megközelíti azt. Az összes vastartalom a környező mintákhoz képest kisebb, az FeO viszont több, tehát az  $O_{Fe}$ -érték viszonylag alacsony. Az összeskén egy nagyságrenddel kevesebb, mint a felső, szürke kénes bauxitban. Mindössze egyharmad része van jelen szulfát formában, ami meglepő, tekintve a környezetnek a felső kénes bauxiténál nagyobb oxidációs fokát. Ez arra utal, hogy eredetileg a kén még nagyobb része volt szulfidként jelen, ez később oxidálódott és részben kimosódott. A DTA- és a Röntgenfelvételen a pirit határozottan jelentkezik. A négy legjellegzetesebb minta környezetéhez képest kirívóan gyenge minőségű, agyagos. A szervesszéntartalom itt éri el a maximumot (0,17–0,26).

### 3. Alsó kénes bauxit

Öt fúrás közül négyben van meg. Igen rossz minőségű, lefelé már kénes bauxitos agyagba megy át.

A fölötte levő bauxithoz képest jelentősen csökken az összes vastartalom, viszont ugrásszerűen nő az FeO-tartalom. Ennek megfelelően az  $O_{Fe}$ -érték kicsi. Az összeskén több mint a középső, de kevesebb, mint a felső kénes bauxitban. Általában több mint fele szulfát formában van jelen.

A szervesszéntartalom igen csekély, 0,01% vagy még kevesebb.

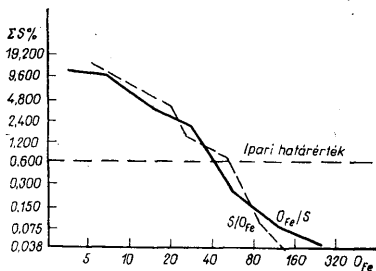
\*

Az összes kéntartalom és a ferrovas viszonyát a pirit képletének megfelelően  $Fe : S_2$  grammatomsúlyarány szerint vizsgálva, a középső típusban egyensúlyt, illetve csekély

ferrovas-fölösleget találunk. Ezzel szemben a felső kénes bauxit mintáinak csaknem felében, az alsóknak pedig csaknem mindegyikében ferrovas-hiány és kén-fölösleg van, vagyis a kén egy része nem vashoz kötődik.

A DTA-felvételek gipsz ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) jelenlétét valószínűsítik, a makroszkópos megfigyeléssel megegyezően.

Kétségtelen, hogy a szulfátkén túlnyomórészt nem elsődleges, hanem a pirit – markazit oxidációkor keletkező kénsav hatásából jött létre. A DTA- és Röntgen-felvételek



2. ábra. Az összeskén és a vasoxidációs fok korrelációs diagramja  
 Фиг. 2. Корреляция всей серы и степени окисления железа

alapján jelenleg nem (vagy csak csekély mértékben) melanerit ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ) van jelen, hanem kisebb víztartalmú vasszulfátásványok, főleg ferroszulfát – monohidrát  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

A bauxitösszleten áthatolt oxidatív vizek irányára nézve eltérnek a vélemények. B a r n a b á s K., valamint K o m l ó s s y G y. a fekü, B á r d o s s y G y. pedig a fedő felől származtatja. Mindkét lehetőség elvi elismerése mellett felhívjuk a figyelmet a karsztos, tektonikus mélyedésben elhelyezkedő bauxitösszleten ferdén-oldalirányban áthaladó oldatok szerepére.

1964-ben összehasonlításul 50 bauxitmintából végeztettünk  $\text{FeO}$ , szulfid- és szulfátkén elemzéseket, továbbá 19 mintából szervesszénmeghatározást a szőci, iszkaszentgyörgyi és nyirádi fúrásokból. Ezeket is tekintetbevéve, a következő összefüggések állapíthatók meg:

1. Statisztikai átlagban az  $O_{\text{Fe}}$ -érték jól jellemzi a bauxit kénes voltát: 60-nál nagyobb  $O_{\text{Fe}}$ -hez általában 0,6%-nál több összeskén tartozik.

2. A kén érzékenyebb az utólagos oxidációra, mint a vas. A szulfidkén aránylag könnyen szulfáttá oxidálódik és részben kimosódik; ilyen esetben kevés és túlnyomóan szulfát alakban jelenlevő kén észlelhető viszonylag kis  $O_{\text{Fe}}$  mellett.

3. További oxidálódás során a vas is visszaalakul  $\text{Fe}^{+++}$ -á ( $O_{\text{Fe}} = 60-120$ ), a kén már teljes egészében szulfátkötésben van jelen.

4. Visszaoxidált bauxitnál, ha a szulfát-kimosás csekély volt, nagy  $O_{\text{Fe}}$ -érték esetén is lehetséges 0,6%-ot meghaladó kén tartalom. Tehát a  $\frac{2 \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{FeO}} = O_{\text{Fe}}$ -érték első-sorban az eredeti redukтивabb állapotra, az  $\frac{S_{\text{szulfát}}}{\text{össz-S}} = O_{\text{S}}$ -érték az utólagos oxidációra,

az  $\frac{O_{\text{Fe}}}{S_{\text{szulfát}}}$  arány pedig a szulfátkén kimosódásának mértékére jellemző.

5. A szervesszén ( $C^{org}$ )-tartalom kénes bauxitban 0,1–0,5% körüli, de nem mutat közvetlen összefüggést a kén mennyiségével. Nem kénes bauxitban egy nagyságrenddel kevesebb.

A Darvastó—nagyvárkányi bauxitterület eddigi adatainak alapján, a többi magyar bauxitterület kénes bauxit adatainak tekintetbevételével az alábbi munkahipotézis alakult ki, amelyet még további vizsgálatokkal szándékozunk ellenőrizni:

Kénesedés többféle módon mehetett végbe.

#### 1. A bauxitalapanyag lerakódásával egyidejű kénesedés

A bauxit alapanyaga karsztos — tektonikus mélyedésben, sekélyvizes közegben, bizonyos fokig „mocsári” környezetben rakódott le. A kén főleg mikroorganizmusok fehérjének kéntartalmú aminosavaiból (cistin, cistein) származik. Az így keletkezett elsődleges agyagos kénes bauxit az összlet alján, közvetlenül a dolomitfelszínen, illetve annak vasas kérgé fölött települ.

A bauxitképződés során mindinkább érvényre jutott a lúgos fekü-karsztvíz hatása, és oxidációs közeg alakult ki. Ennek következtében a kénes réteg vékony, kéntartalma közepes, és legkevésbé az agyagos részekből oldódott ki. Nagyrészt oxidálva, szulfát alakban van jelen. A szervesszén is részben kimosódott, részben szervesen kötésbe ment át. A kevésbé agyagos részek színe kevésbé tér el a nem kénes bauxitétól, nem típusos „szürke” bauxittal van dolgunk.

#### 2. $E_h$ -oszillációs és újraülepítései kénesedés

A bauxitalapanyag bauxitosodása során többszörösen ingadozott a közeg  $pH$ -ja és  $E_h$ -ja (redoxpotenciálja) is. Helyileg és ideiglenesen redukációs közeg is jöhetett létre, amelyben újabb organogén kéndúsulás következhetett be. Erre utal a viszonylag nagy szervesszéntartalom. Kis távolságú átmozgatás, helybeli áthalmazódás során a bauxitösszleten belüli átülepítés jött létre, ugyancsak viszonylag kevésbé oxidációs viszonyok között. Az így keletkezett, többnyire álkavicsos, tarka kénes bauxit — az alsónál lényegesen kisebb kéntartalommal — szabálytalanul kiemelkedve, kis vastagságban, a bauxitösszlet középső részén található. Minden oldalról oxidációs üledékekkel körülvéve,  $O_{Fe}$ -je utólag megnőtt, de még pirit is található benne. A szulfáttá oxidálódott kén nagy része utólag kimosódott, ezért viszonylag kicsi a szulfátkén jelenlegi részaránya és ebből következőleg az összekéntartalom is, amely főleg az agyagosabb, kevésbé vízáteresztő rétegekben nagyobb.

#### 3. Az eocén mocsári fedővel szingenetikus kénesedés

Erre a felső kénes bauxitra érvényes Bárdossy Gy. genetikai magyarázata. Az eocén tengermenti mocsárláp, elborítván a bauxitlencsék területét, tartósan szervesanyagban és kénhidrogénben gazdag redukációs közeget hozott létre. Üledékei: szürke, pirites, barnaszénsávos, növénymaradványos agyag és agyagmárga. A kénhidrogén víz átitatta a bauxittest felső, fellazított részét és enyhén savas redukációs közeget hozott létre. Lefelé egyensúlyi szint alakult ki a lúgos, oxidációs fekü-karsztvízzel. Ez többször is ingadozhatott (goethites sáv a bauxitösszlet felső részében). Eredmény: szürke, pirites — markazites bauxit az összlet felső részén. Vastagsága a mocsári fedőrétegek vastagságával a mondottak szerint közel egyenesen arányos.

#### 4. Epigenetikus vaskioldás és szulfátosodás

Utólagosan a pirit oxidálódott. A képződött kénsav (Bárdossy Gy. és Businszki G. I. szerint) magával vitte a vas egy részét, elsősorban a könnyebben oldódó ferrovasat. Ez az oldat, amely részben az eocén fedőből származik és így a felsőbb,

karbonátos tagokból  $\text{Ca}^{++}$ - és  $\text{Mg}^{++}$ -ionokat is hozott magával (S z a n t n e r F. – P o s g a y K.), különböző ásványkiválások, erek és fészkek létrejöttét eredményezte, majd lefelé, a repedezett – töredezett fekü-dolomiton át távozott. Közben hozzájárult az alsó kénes bauxitréteg vas- és főleg szulfáttartalmának növeléséhez, a szervesanyag-tartalom alapos kilúgzásához, a dolomitfelszín vasas kérgének kialakulásához és a dolomit-porlódási jelenségek létrejöttéhez. Ez a folyamat felelős elsősorban a nem vassal alkotott szulfátok (gipsz) képződéséért.

### 5. Repedésmenti epigenetikus piritesedés

A bauxitösszleten átszivárgó vizek nemcsak oxidációs és kioldó, hanem sok esetben redukáló, újabb piritkiválást okozó hatásúak is lehetnek. Az eocén fedőrétegeket is ért szerkezeti mozgások során létrejött törések, repedések mentén a kőszenes rétegekben redukálónak vált oldatok lefelé haladva a bauxit további, lokális kénesedését okozhatták. Ez nem jelentős; mértéke a mocsári szenes fedőrétegek vastagságától és az összlet töredezettségétől együttesen függ.

Szilárd fázisban történő kémigráció — az ehhez szükséges nagy hőfok hiányában — gyakorlatilag kizárható.

### 6. Szulfátkimosás és vízvesztés

A könnyebben oldódó vasszulfát utólagosan kisebb-nagyobb mértékben kimosódik, a maradék pedig részben elveszti kötött vizét és elsősorban nem melanterit, hanem ferroszulfát-monohidrát formájában van jelen.

## IRODALOM — ЛИТЕРАТУРА

- B a r n a b á s K., (1957): A halimbai és nyirádi bauxitlerület földtani kutatása. MÁFI Évk., XLVI. 3., Budapest. — B á r d o s s y G y., (1954): Melanterit a szóc bauxitban. Földt. Közl. 84. 3., Budapest. — B á r d o s s y G y., (1957): A Szóc és Nyirád környéki bauxit. MÁFI Évk., XLVI. 3., Budapest. — B á r d o s s y G y., (1960): A magyar bauxit összetételének és keletkezésének kérdései. MÁFI Évk., XLIX. 4., Budapest. — B á r d o s s y G y., (1961): A magyar bauxit geokémiai vizsgálata. MÁFI alkalmi kiadvány, Budapest. — B e n e s z l a v s z k i j, S z. I. (1963): Mineralogija bokszitov. Moskva. — B u s i n s z k i j, G. I. (1958): Ob uslovijah obrazovanija bokszitov i o zakonomernostj ih razmescenija bokszitovih mesztorozszenij. Szbornik „Bokszitii, ih mineralogija i genezis. Moskva, — B u s i n s z k i j, G. I. — S a r o v a, A. K. (1960): Szulfátú aljuminija, sztroncija, kalcija i magnija, obrazovavszieszja pri viivetrivanija bokszitov. Tr. Szverdl. geol. instz. vup. 35. — D u d i c h E. ifj., (1962): Kiegészítő jelentés a Darvastó II, III, IV, IX, XI, valamint a Nagytárkánypuszta I, III, IV. sz. bauxitlencséről. Bauxitkutató Vállalati jelentés, Balatonalmádi. — K o m l ó s s y G y., (1964): Az iszkaszentgyörgyi pirites bauxit genetikai vizsgálata. Kézirat. — N e m e c z E., (1953): A bauxit vasásványai. Földt. Közl. 83. Budapest. — S z a n t n e r F. — P o s g a y K., (1958): Jelentés a Nagytárkány-darvastói bauxitelfordulás VII, VIII, X. lencséin végzett kutatómunkálatok és készletszámítás eredményeiről. Bauxitkutató Vállalati jelentés, Balatonalmádi. — S z a n t n e r F. — E r d é l y i M., (1961): Jelentés a Darvastó II, III, IV, IX, XI, valamint a Nagytárkánypuszta I, III, IV. sz. bauxitlencséken végzett kutatómunkálatok és készletszámítás eredményeiről. Bauxitkutató Vállalati jelentés, Balatonalmádi. — S z á d e c z k y - K a r d o s s E., (1955): Geokémia. Budapest. — V a d á s z E., (1951): Bauxit-földtan. Budapest.

### Геохимическое исследование серосодержащих бокситов месторождения Дарвашто, у с. Нырад, Венгрия

Д-Р Э. ДУДИЧ

Количество серосодержащих бокситов в залежах месторождения с. Дарвашто тесно связано с мощностью эоценовой углистой глины, залегающей в непосредственной кровле боксита. Сделаны химические анализы всей серы серы содержащейся в сульфатах, двухвалентного железа, органического углерода, и ДТА и рентгенодиффрактометрические анализы по разрезу пяти скважин.

Установлено присутствие серосодержащих бокситов в трех горизонтах: непосредственно под кровлей, внутри бокситового тела, и вблизи подошвы, состоящей из верхнетриасовых доломитов. На основе результатов исследований можно выделить следующие процессы: 1) первичная пиритизация, сингенетичная с накоплением исходного материала боксита, 2) притизация, происходившая вследствие колебаний Eh и местного переотложения, 3) пиритизация, сингенетичная с образованием углистых отложений кровли, 4) эпигенетичная притизация, происходившая по трещинам, 5) частичный вынос железа и образование сульфатов железа и кальция, 6) частичный вынос сульфатов карстовыми водами и частичная потеря сульфатами кристалловых вод.

По корреляционным расчетам изменения содержания серы и степени окисления железа в разрезе противоположные.