

В. ВУЈАНОВИЋ И М. ТЕОФИЛОВИЋ*

*ДИСТРИБУЦИЈА И КОНЦЕНТРАЦИЈА ТИТАНА У
МЕТАМОРФНИМ И МАГМАТСКИМ СТЕНАМА ОКОЛИНЕ
БОСИЉГРАДА*

DISTRIBUTION AND CONCENTRATION OF TITANIUM IN
METAMORPHIC AND MAGMATIC ROCKS NEAR BOSILJGRAD
(Serbia, Yugoslavia)

Извод

У овом раду дати су, између осталог, садржаји титана и пратећих метала у разним метаморфним и магматским стенама околине Босиљграда и описане местимичне концентрације титана, тј. титанових минерала које су аутори открили на двадесетак места.

То је уједно и прво систематско испитивање ове врсте код нас, а вероватно и у свету уопште. Овакав приступ испитивањима омогућио нам је добијање егзактних података у погледу дистрибуције и концентрација титана и пратећих метала у описаном простору, што може да буде од посебног значаја при сличним испитивањима у било ком региону у нашој земљи.

Теренска, лабораторијска и минерогенетска испитивања дали су и низ других података. Утврђено је, на пример, да се титанови минерали јављају као акцесорни састојци, затим у виду примарних локалних обогаћења и на крају у виду накнадних приноса под утицајем младог гранитоидног магматизма.

У економском погледу за сада су најперспективнији гранитизирани габрови (диорити, плагиогранити) и то они СЗ од Босиљграда (4 рудна тела и др) у којима доминира леукоксен, -затим метаморфисани габрови (хлоритско-амфиболско-епидотски шкриљци), амфиболити и амфиболски гнајсеви у

* Др Војислав Вујановић и М. Теофиловић
Геоинститут
Београд

којима се јављају рутил, илменит, сфен и леукоксен. Од титанових пратилаца ванадијум је једини метал који би у неким случајевима могао бити од економског интереса.

Abstract

This paper gives the data on the contents of titanium and its associates in various metamorphic and magmatic rocks near Bosiljgrad as well as on the local concentrations of titanium (i.e. Ti-minerals), which have been detected in 20 places by the authors. The case is also of the first systematic examinations in this sense in the Country. In this way the authors could give the close data on distribution and concentrations of titanium in the area described, so these results may help by similar examinations in other regions in this Country.

The complex field and lab. examinations have demonstrated (beside othres) that titanium minerals occur in form of accessory constituents and as the primary enrichments in the rocks, but also as the products of the late granitoid magmatism.

In view of the economic importance the most interesting are such rocks as: granitized gabbros situated NW of Bosiljgrad (4 ore bodies etc.) with leucoxene as dominant »mineral«, further on the metamorphosed gabbros (chlorite-amphibole-epidote schists), amphibolites and the amphibole gneises with rutile, ilmenite and sphene as dominant Ti-minerals, in places followed by leucoxene. The resulting conclusion is that the rocks cited above are the most promising ones in view of titanium, so far. Except for vanadium, the titanium associates are the followers only.

У току истраживања на титан у Српско-македонској (Родопској) маси Србије, у периоду од 1973—1980. године (руководилац пројекта В. Вујановић), открили смо низ значајних Ти-минерализација у околини Босиљграда, па смо направили посебан пројект за овај рејон који је реализован у 1980. и 1981. години. Овде смо предвидели детаљнија истраживања, затим израду геолошке карте 1:10 000 за најперспективнији део терена и геоманетска испитивања на локалности званој Леска Махала, ради праћења орудне стене испод кристаластог покривача.

Теренске радове на проспекцији, извршеној укупно на 50 км дужине, као и сакупљање узорака, извршили су В. Вујановић, М. Теофиловић и Р. Станојевић, геол. техничар. Геолошку карту урадио је С. Исаиловић са сарадницима Ј. Милчићем и С. Жолнајем, а геофизичка испитивања водио је Р. Мужичевић. Петрографска испитивања обавила је В. Бебић, а делом и С. Цветић, рудномикроскопска В. Вујановић, рендгенска тумачења дали су В. Вујановић и М. Вукасовић, одредбу моноконцентраца извршили су В. Вујановић и Н. Михаиловић—

Влајић, док су хемијске анализе урадили З. Червењак и В. Оцокољић. Спектрохемијска испитивања, такође на нашем материјалу, извршила је М. Дромњак.

Синтезу свих резултата, геохемијско-генетску и металогенетску интерпретацију, оцену перспективности и геолошко-структурне карактеристике терена дали су аутори овог рада.

Геолошку карту 1:10 000 аутори су упростили (прилог 1), нарочито у погледу неких стена које нису сигурно доказане. Оконтуривање рудних тела и минерализација титана извршили су В. Вујановић и М. Теофиловић, мада се ова тела, за сада, не исклињавају ни у једном правцу. Петролошка тумачења дао је В. Вујановић а геомагнетска Р. Мужичевић у сарадњи са Вујановићем.

Најзад, поред титана, испитивани су и пратећи метали (Ni, Cr, V, Fe, Sc, Co), као и сулфиди који су се јављали у проучаваним стенама.

Хтели бисмо такође указати да, због ограниченог простора, многи детаљи нису овом приликом приказани.

а) *Биотитски гнајсеви*. Испитано је 14 узорака и утврђено да ове стене садрже 0,94—1,22% TiO_2 , уз средње садржаје ванадијума, који се крећу од 53—132 г/т и хрома од 15—150 г/т.

За стене овог типа горњи садржаји TiO_2 доста су повећани, али не толико да би се оне могле означити као перспективне у погледу титана. Садржаји ванадијума су унутар уобичајених граница, а такође и хрома, мада један део анализа указује на извесно обogaћење овим другим металом (100—150 г/т Cr).

Рудномикроскопска испитивања показала су да се у овим стенама титанови минерали појављују пре свега као акцесорни састојци, и то *илменит*, *рутил* и *сфен*, чија заступљеност јако варира, зависно од места узорковања. Местимично се јавља искључиво сфен, док у другим случајевима доминира илменит, или рутил. Величина зрна акцесорних минерала обично не прелази 100 μ (микрона).

Накнадни принос титана у виду илменита запажен је само местимично, а њега некад прати мало *магнетита*. Оба ова минерала по правилу су потпуно очувана. Сви металични минерали, без обзира на њихово порекло, по правилу се јављају у биотиту. Веома често присутан је и *графит*, али у малим количинама, и то у виду љуспица дугих 100-ак μ које наступају у биотиту.

б) *Биотитски шкриљци* садрже (према 7 ан.) 0,95—1,17% TiO_2 , и ови садржаји скоро су идентични оним у биотитским гнајсевима. Сличан је случај и са ванадијумом, чији садржаји овде износе 50—132 г/т, а такође и са хромом (до 130 г/т).

Рудномикроскопска испитивања показала су да главне количине титана и овде опадају на акцесорне минерале као што су *илменит*, *рутил* и *сфен*, при чему обично доминира први. Само изузетно главни минерал је сфен у мањој мери праћен

илменитом. Илменит се делом претвара у сфен и рутил. Величина зрна акцесорних минерала по правилу не прелази 50-ак μ (микрона), а ови се углавном јављају у биотиту, некад паралелно са његовом цепљивошћу. У неким случајевима запажен је и принос неогеног илменита који је много крупнозрнији (до 0,4 мм) и углавном је очуван. Њега прате мање количине рутила. Неогени титанови минерали млађи су од стене, а старији од фелдспата који је производ алкалне метасоматозе. Неогени илменит и рутил утискују се у стену метасоматски, а илменит и паралелно са цепљивошћу биотита.

Као и у биотит гнајсевима, и овде се местимично среће *графит* и то у виду ситних љуспи.

Од сулфида често се јавља *пирит*, али у малим количинама. Он је обично знатно претворен у *лимонит*. Некад га прати нешто *пиротина* који је такође делом претворен у лимонит.

в) *Филити, филитомикашисти и графитски шкриљци* садрже (према 18 ан.) 0,20—0,95% TiO_2 (ср. вр. 0,67%), а ванадијума од 20—60 г/т. Само изузетно садржаји ванадијума могу да достигну 200 г/т.

Титанови минерали у овим стенама скоро искључиво се јављају као акцесорни састојци и то су *илменит*, *рутил* и *сфен*.

г) *Калкшисти — циполини*. На основу 5 анализа произилази да се садржаји TiO_2 у овим стенама крећу од 0,10—0,22% уз садржаје ванадијума до 30 г/т. Један узорак циполина, међутим, дао је 1,73% TiO_2 и 100 г/т ванадијума.

д) *Хлоритско-серицитски шкриљци* дали су (према 3 ан.) садржаје од 1,09—1,50% TiO_2 , уз садржаје ванадијума од 24—168 г/т.

Рудномикроскопска испитивања једног узорка ових стена, слабо албитисаних и калцитисаних, показао је да је овде доминантан *рутил* који се јавља као акцесорни састојак и то у зрнима величине до 140 μ . Рутил је расут у целом препарату, а има га око 2%. У рутил у се местимично јавља *финозрни сфен* и претпоставља се да ова асоцијација води порекло од илменита, који је такође био акцесорни састојак стене.

ђ) *Хлоритско-епидотски шкриљци*. Према 10 анализа они садрже 1,01—3,76% TiO_2 .

Интересантно је да овде свака друга анализа показује садржаје TiO_2 од преко 2%. Садржаји хрома крећу се од 130—360 г/т, што указује, поред осталог, да су ове стене најчешће орто-порекла и да су настале метаморфизмом базичних стена, односно габроида. Упадљиво ниски садржаји ванадијума у овим стенама (20—190 г/т), захтевају допунска испитивања у наведеном смислу.

Рудномикроскопска испитивања показала су да се овде титанови минерали с једне стране јављају као акцесорни састојци, с друге у виду примарних минерализација и на крају у виду накнадног приноса.

Као акцесорни састојци појављују се *илменит*, *рутил* и *сфен* обично распршени у стени у виду ситних зрна (до 120 μ). Некад доминира рутил, а некад сфен. Акцесорни илменит највећим је делом претворен у сфен, рутил и *леукоксен*.

Местимично се појављују и минерализације са садржајима TiO_2 до 4,76%. Главна количина титана овог генетског типа била је везана за илменит који је касније сфенизиран или претворен у *леукоксен* богат сфеном. Примарни илменит у току сфенизације често је и кородован, тако да се сада секундарни сфен појављује често у овалним облицима. Стена је настала из граба па примарни илменит треба генетски везати за ту базичну стену. Овај примарни илменит данас се јавља само у остацима у сфену, или у виду зрна на ободу претворених у овај минерал.

Неогени титан представљен је углавном сфеном који се утискује у стену метасоматски. Овај сфен често се јавља и у клинастим кристалима, а његови садржаји не прелазе 1%.

Од сулфида доста је чест *пирит* али су његови садржаји по правилу ниски; великим делом пирит је претворен у *лимонит*. Поред пирита, некад се јавља и мало *пиротина* и *халкопирита*, у зрнима величине до 240, односно 50 μ . У пиротину запажају се трагови *пентландита* (до 15 μ). У овом другом узорку такође је запажено и делимично претварање пирита у *маркасит*.

е) *Епидотско-хлоритски шкриљци* садрже (према 3 ан.) 1,04—2,21% TiO_2 , уз 240—360 г/т хрома што их, поред других података, сврстава по пореклу у исте стене као и хлоритско-епидотске шкриљце. И овде су, међутим, садржаји ванадијума „ненормално“ ниски (28—56 г/т), па их треба примити са одређеном резервом.

Један рудномикроскопски препарат показао је да је овде највећи део титана везан за *сфен* и *леукоксен*, чији укупни садржаји износе око 7%. Сфен је највећим делом неоген и често се концентрише дуж лиски хлорита. Обично је ситан (до 100 μ), а јавља се и у клинастим кристалима дугим до 65 μ . Двојни близанци код овог сфена ређе су запажени. Леукоксен је настао распадањем примарног *илменита* и његовом сфенизацијом, тако да се, у ствари, ради о сфенској основи са инклузијама бројним *рутила*, које често наступају масовно. Илменитска компонента у описаном сфену слабије је заступљена, или потпуно одсуствује.

ж) *Мусковитски и дволискунски гнајсеви*. Према 8 анализа, ове стене садрже 0,10—0,23% TiO_2 и 20—30 г/т ванадијума, вредности које сасвим одговарају за наведене стене.

Један узорак мусковитског гнајса испитан је и рудномикроскопски, и утврђено је да садржи око 5% металичних минерала. Овде преовлађује неогени *магнетит*, слабо претворен у *маргит*, а значајно је заступљен и *лимонит* настао из *пирита*.

Сам пирит јавља се само у инклузионим остацима, а често су запажене и псеудоморфозе лимонита по пириту у пресецима коцке.

Од титанових минерала јавља се *илменит* углавном дуж цепљивости мусковита, па су му зрна обично јаче издужена. Илменит је потпуно очуван.

з) *Пироксенски габрови* садрже (према 9 ан.) 0,95—4,76% TiO_2 , при чему свака друга анализа даје преко 2,50% титановог оксида. Садржаји хрома у овим стенама крећу се од 160—400 г/т, а овако повећани садржаји геохемијски сасвим одговарају габроидима. С друге стране, ниски садржаји ванадијума (10—90 г/т) захтевају накнадну проверу, поготово што су две СП анализе дале 240 и 330 г/т ванадијума.

Рудно-микроскопска испитивања углавном се односе на габрове из профила Г. Љубата — Босилград, где су појаве ових стена и најчестаније. При том је испитано укупно седам узорака. Према овим испитивањима долази се до закључка да се пироксенски габрови, с једне стране, одликују честим појавама издавајања титанових минерала у пироксену и то највећим делом *илменита* и *рутила*, а много мање *сфена*. Прва два минерала јављају се по правилу у виду иглица, често веома густих, дугих до 70 а дебелих до 2 μ . Ове иглице увек су оријентисане паралелно са цепљивошћу пироксена која није видљива у микроскопу. Претпоставља се да је бар један део игличастог рутила настао из илменита. Сфен се јавља у виду инклузија и ситних зрна, која су често јаче издужена паралелно са цепљивошћу пироксена, а често је и као типичан акцесоран минерал у виду ситних зрна у стени.

С друге стране, у описаним габровима запажене су и повећане концентрације титана на више места, које су у генетској вези са овим стенама. Примарне минерализације биле су скоро искључиво везане за илменит који је у међувремену највећим делом претворен у *леукоксен*, односно сфенизиран. Правог леукоксена углавном нема, већ је реч о доста крупнозрним прораствањима рутила и сфена, при чему овај други по правилу представља основну масу. Илменит се у леукоксену јавља у мањој мери и то у зрнима величине до 100 μ . Величина зрна леукоксена иде и до 0,5 мм. При ресорпцији и сфенизацији илменита сфен се појављује и у виду овалних и јајастих зрна. Само у неким случајевима код Ти-минерализација доминантан је рутил који је доста крупнозрн и често окружен сфеном. Овде леукоксен наступа у мањој мери и састоји се од рутила и сфена. Ретко се среће *магнетит* и то у виду ситних зрна која се слабо претварају у *мартит*.

У неким габровима чест је и неогени сфен који се накнадно утискује у стену. Садржаји неогеног сфена у овом случају износе око 15% укупних садржаја титанових минерала.

Графит је доста чест и он је пратилац великог броја стена околине Босилграда. Као и у већини других случајева, он је и

овде преузима из графитских шкриљаца. У габровима се јавља оскудно и то у љуспицама дугим до 120 μ , а некад и у финозрним овалним зрнима пречника до 180 μ .

Сулфиди су доста ретки, при чему је по правилу реч о *пириту* који је слабо заступљен, а јавља се у зрнима величине до 0,4 мм. Местимично га прати *пиротин* који се јавља у зрнима величине 50 μ , уз трагове *халкопирита* у пиротину.

и) *Амфиболити и амфибол гнајсеви*. Овде је реч о примарно истим стенама, тј. амфиболитима који су често фелдспати-зирани, или чак претворени у амфибол-мигматит гнајсеви. Према 11 анализа, ове стене садрже углавном 1,22—3,25% TiO_2 , при чему свака друга анализа даје преко 2% TiO_2 . Садржаји хрома могу некад да буду упадљиво високи (300—360 г/т), што указује да су настали метаморфизмом примарних базичних магматских, односно габроидних, стена. Садржаји хрома у амфиболским стенама овде су и иначе доста високи и крећу се од 100—140 г/т. Садржаји ванадијума драстично подбацују у односу на врсту стена (47—100 г/т), и не могу се сасвим објаснити горе описаним транинизационим процесима. (Пример: Три СП анализе дале су 340,820 и 950 г/т ванадијума).

Рудномикроскопски су испитани амфиболити, фелдспати-зирани амфиболити и амфиболски гнајсеви, и то од сваке стене по један узорак. Констатовано је да главне количине титана у овим стенама долазе од неогеног *илменита* (до 3%) и неогеног *сфена* (до 5%), уз доста слаб принос *рутила*. Сви ови минерали утискују се у стену метасматски. Илменит се јавља у зрнима величине до 250, а сфен до 300 μ , док је рутил по правилу ситан (до 100 μ). Илменит се често јавља у сфену, или садржи ореоле истог. Сфен наступа и у виду клинастих кристала дугих и до 210 μ . Илменит је најчешће очуван, сасвим ретко слабо претворен у рутил.

Много мањи део титана акцесорног је типа, чему је највећим делом реч о иглицама рутила и илменита у амфиболу које се излучују паралелно са његовом цепљивошћу. Игличасти је рутил бар делом настао из илменита. Акцесорни сфен је у виду инклузија и ситних зрна у амфиболу.

Поред титанових минерала, некад се јавља и мало *магнетита* који се слабо претвара у *мартит*.

Од сулфида редовно је присутан *пирит* у минималним количинама и то у виду ситних зрна која се највећим делом претварају у *лимонит*. Некад се са пиритом удружују *пиротин* и *халкопирит*. Овај други се, у ствари, јавља само у траговима у зрнима величине до 30 μ , углавном у стени.

Поред горњих, прелиминарно су испитане и неке друге стене у погледу садржаја титана, како би се употпунила слика о дистрибуцији овог метала и испитиваном простору.

Тако је један узорак типичног *гранита* дао 0,18% TiO_2 , *аплита* 0,10%, *дацита* 0,89%, а неколико анализа *мусковитског шкриљаца* 0,38—0,87% TiO_2 .

С обзиром на то што су тек геолошким картирањем 1981. године (1:10 000) издвојени и *хлоритско-амфиболско-епидотски шкриљци* који се на терену нису могли разликовати од других сличних стена, узето је свега 7 узорака тих стена. Том приликом откривена су два нова титанова орудњења у овим стенама, југоисточно од Леска-Махале, о чему ће доцније бити више речи. Независно од ових појава, и једна анализа хлоритско-амфиболско-епидотског шкриљца из профила Љубатске реке дала је 3,69% TiO_2 , уз садржаје хрома од 360 г/т, што указује да је ова стена настала метаморфизмом базичне магматске стене.

.....

Из свега наведеног види се да се низ геолошких формација у области Босиљграда одликује веома упадљиво повећаним садржајима TiO_2 који су просечно знатно изнад кларка који важи за наведене стене.

Повећани садржаји односе се на биотитске шкриљце и биотит — гнајсеве, затим амфиболите, амфибол гнајсеве, гранитизоване габрове, мета-габрове, пироксенске грабове, хлоритско-серицитске, хлоритско-епидотске и епидотско-хлоритске шкриљце, па чак и на филитичне и графитске шкриљце. Хлоритско-амфиболско-епидотски шкриљци представљају нов квалитетан скок у наведеном погледу, пошто су у овим стенама откривена два нова Ti -орудњења у 1981. години и то при сасвим прелиминарним узорковањима.

Стога, при даљим истраживањима ми морамо поћи од регионалног фона за титан, при чему ове вредности у погледу садржаја TiO_2 , а које су ниже од 2—2,5%, треба третирати као неинтересантне. У оваквим случајевима једино долази у обзир провера тачкастим пробама и то у каснијим фазама истраживања.

Анализирајући резултате претходних, као и најновијих истраживања на титан у околини Босиљграда, неке стене посебно се истичу као перспективне, и то:

1. Гранитизовани габрови, 2. Хлоритско-амфиболско-епидотски шкриљци, 3. Хлоритско-епидотски и епидотско-хлоритски шкриљци и 4. Амфиболити и амфибол гнајсеви.

Ово потврђује и чињеница што су скоро све повећане концентрације TiO_2 (2,57—8,1%), које су регистроване на преко двадесет места, везане за горе описане стене, а само изузетно за биотитске шкриље и гнајсеве, односно микашисте.

Што се тиче титанових орудњења, она су до сада регистрована у следећим стенама:

1. Рудна тела Леске и Требеника-Махале у гранитизираним габровима (кварц диорити, диорити и плагиогранити),

2. Рудне појаве југоисточно од Леска-Махале (два орудњења) у хлоритско-амфиболско-епидотским шкриљцима,

3. Рудне појаве у хатару Клисура-Махале (три орудњења) у пироксенским и гранитизованим габровима и амфиболитима.

Сва главна орудњења титаном откривена су у габровима, затим гранитизованим габровима (диорити и албитски гранити) и метаморфисаним габровима (хлоритско-амфиболско-епидотски шкриљци, као и у амфиболитима и амфибол гнајсевима, па даља истраживања на титан треба првенствено да имају тај смер.

У погледу пратећих и других метала за сада се може само говорити о *ванадијуму*, чији садржаји у гранитизованим габровима достижу око 500 г/т, а у амфиболитима и до 900 г/т. Ови садржаји, међутим, указују да се ванадијум може експлоатисати само као узгредни продукт при евентуалној експлоатацији титана и то само у неким случајевима.

Никал, кобалт, хром, бакар, олово и цинк не показују ни у једном случају повећане концентрације које би биле вредне пажње, што сугерира да их у зонама појављивања титанових минерализација не треба озбиљније узимати у обзир. Изузети ипак постоје и то углавном у локалности зв. Клисура Махала, где се, заједно са титаном, јављају и сулфидне минерализације са бакром.

Гвожђе и скандијум такође се ретко концентришу. Појаве гвожђа (магнетит) код села зв. Бистар значајне су по димензијама, али су просечни садржаји овог метала у границама од 10—20%, док скандијума углавном не прелазе 140 г/т.

РУДНЕ ПОЈАВЕ

Проспекцијом отворених профила откривено је преко 20 појава повећаних концентрација титана у разним стенама, али ћемо овом приликом приказати само оне које су најинтересантније. Главне појаве углавном представљају рудна тела, највећим делом концентрисана дуж Божичке реке, низводно од бране хидроцентрале; сва орудњења откривена су на профилима модернизованог асфалтног пута Промаја — Босиљград, а њихов распоред прати генерални правац северозапад—југоисток, баш као и Божичка река. Нека рудна тела откривена су за сада само на десној, а друга и на левој страни Божичке реке, као и у самом њеном кориту (рудно тело Леска Махала). Сва ова орудњења јављају се или у гранитизованим габровима, или у хлоритско-амфиболско-епидотским шкриљцима насталим из габрова. Описана рудна тела јављају се унутар једног простора дужине око два километра (ваздушна линија), а у следећем укратко ћемо их описати.

1. *Рудно тело „Требеника Махала“* (прилог 1, бр. 1). Нази се на асфалтном путу Босиљград — Промаја. Орудњена

стена била је представљена габром, који је овде гранитизован и претворен у кварц — диорите до платиограните. Стена се у овој локалности јавља у профилу пута на дужини од око 130 м, а садржаји TiO_2 према прелиминарним испитивањима достижу 6,18% уз садржаје ванадијума, до 800 г/т. Због организованих финансијских средстава ово рудно тело није довољно испитано. Титанова руда представљена је *леукоксом* чији садржаји достижу и преко 15%. Леукоксен се састоји из финозрне мешавине *рутила* и *сфена* са променљивим учешћем појединих компоненти и некад са заостацима *илменита*. У неким случајевима реч је о финозрном рутилу са инклузијама илменита и сфена.

Леукоксен је настао из илменита који је генетски био везан за габрове. У току гранитизације (диоритизације) ових габрова, као и каснијих процеса, илменит је претворен у леукоксен, а делом и ресорбован, тако да се сада леукоксен јавља у виду овалних зрна.

У мањој мери овде је запажен и сфен који је производ Ти-метасоматског фронта везаног за младе гранитоидне стене (лит. 3, 6, 8). Овде такође треба указати на појаве турмалинизације и силификације, ремобилизације графита из околних шкриљаца и др., што су аутори раније већ описали (лит. 6, 8).

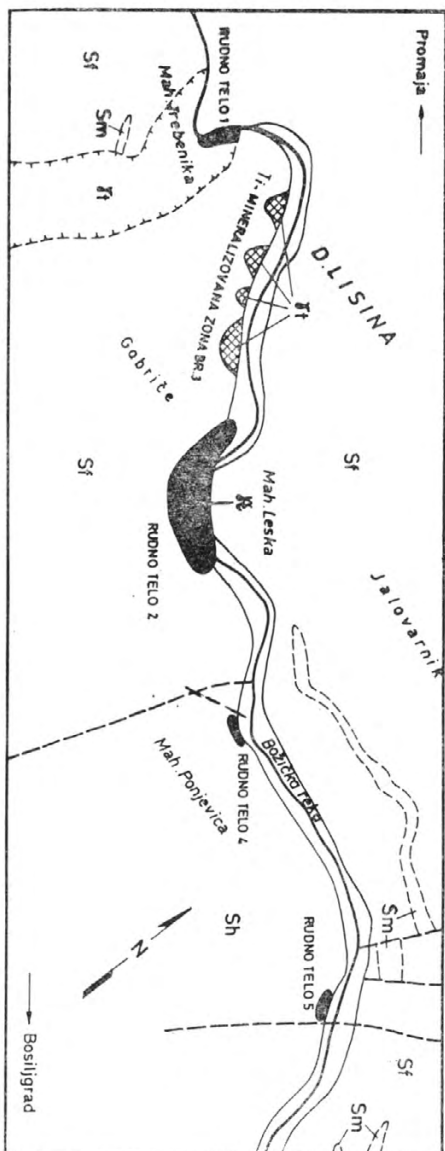
Од сулфида запажене су мање количине *пирити* и *пиротина*, који су најмањи и хидротермалног су порекла.

2. Рудно тело Леска Махала (прилог 1, бр. 2.).

Око 600 м југоисточно од горњег, јавља се рудно тело Леска Махала и то такође у гранитизованим габровима (кварц диорити, плагиогранити). Ово је за сада највеће рудно тело у региону и могли смо га пратити на дужини од око 330 м; видљиве је ширине око 90 м, а залеже по дубини преко 40 м. У ЗСЗ правцу, према геомагнетским испитивањима (лит. 9), стена носилац оруђања простире се испод шкриљаца и даље и то на дужини до преко 350 м, али провера ових података рударским радовима није вршена. Рудно тело је првобитно било испитано на дужини од 110, при чему су узимане тачкасте пробе на 10 м и добијени средњи садржаји TiO_2 од 5,99% и ванадијума 498 г/т. Касније је рудно тело испитано (прелиминарно) на укупној дужини од око 330 м, уз један паралелни профил с леве стране Божичке реке и краћи паралелни профил изнад главног, при чему је средњи садржај TiO_2 пао на 5,6%. Ова каснија анализирања нису била праћена интегрисањем рудних препарата, као што је био случај са првим профилем.

Једина титанова руда јесте *леукоксен* који се јавља у зрнима величине 0,1—2 мм. Леукоксен је често у виду овалних и округлих зрна чију основу често чини *сфен*, а у њему се налази маса инклузија *рутила* и *илменита*. Леукоксен је настао из бившег илменита који је у генетској вези са примарним

ГЕОЛОШКА СКИЦА СА ТИ-РУДНИМ ТЕЛИМА
 SKETCH MAP WITH TI-ORE BODIES



LEGENDA-LEGEND:

	КВАРЦ-ДИОРИТ, ДИОРИТ И ПЛАГИОГРАНИТ QUARTZ-DIORITE, DIORITE AND PLAGIOGRANITE		ПРЕДПОСТАВЉЕНИ РАСЕДИ FAULTS SUPPOSED
	ШИСТИФИЦИРАНО ПЕЉУКАНО PHYLLITIC MICASCHISTS		ТИ-РУДНА ТЕЛА TI-ORE BODIES
	МЕРМЕРИСАНИ КРЕЧУЉАЦИ MERMERISAN LIMESTONES		ТИ-МИНЕРАЛИЗОВАНА ЗОНА TI-MINERALIZATION ZONE

габром. Приликом гранитизације ове стене, а и касније, дошло је до леукоксенизације илменита и делимичне ресорпције истог, због чега су зрна леукоксена често овалног облика. Само местимично илменит се делом претвара у рутил, или сфен, или у оба минерала, који су знатно крупнозрнији него када чине саставни део леукоксена. Интересантно је да сфен иако је скоро беле боје, ни по хемијском саставу ни рендгенографски не одступа од особина карактеристичних за овај минерал!

Треба такође указати на чињеницу да леукоксен не садржи „киселе“ пратиоце, изузев *циркона* (0—250 г/т) и трагова *олова* (до 14 г/т), који су принесени у току гранитизације габра и алтерације примарног илменита. С друге стране, високи су садржаји *мангана* у леукоксену (до 500 г/т), доста *хрома* (до 40 г/т), уз трагове *никла* и *кобалта*, које ми везујемо за примарни габро, односно илменит. То доказује и појава *хромног спинела* у рудном телу који је био акцесорни састојак примарног габра и који је у току гранитизационих процеса знатним делом магнетизован. У рудном телу Леска-Махале јавља се и сулфидна парагенеза представљена *пиротином* и *пиритом*, које у малој мери парте *сфалерит* и *халкопирит*. Ова парагенеза врло је млада и генетски везана за најмлађе гранитоиде, на шта указују и садржаји неких елемената у сфалериту и то *кадмијума* (до 4500 г/т), *сребра* (до 150) и *бизмута* (до 70 г/т). Повећане садржаје *титана* у описаном сфалериту (до 150 г/т) ми објашњавамо ремобилизацијом овог елемента из примарног габра, односно илменита.

3. *Орудњење између Леска и Требеника-Махале.* (Прилог 1, бр. 3.) Откривено је 1981. год. и то у профилу Божичке реке на дужини од око 400 м. На овом делу профила узорковања су вршена на сваких 20 м и то у гранитизованим габровима, дакле у истим стенама у којима леже титанска рудна тела Леске и Требеника-Махале.

Овде је узето укупно 12 проба, од којих је седам дало садржаје TiO_2 од 1,96—6,35%, уз средње садржаје од 4,48% TiO_2 .

Иако су просечни садржаји TiO_2 у рудном телу Леска-Махале знатно виши (5,6%), ови резултати указују да између горњег рудног тела и рудног тела Требеника-Махале не постоји сштра граница, што је посебно значајно с обзиром на растојање између ова два рудна тела (600 м ваздушне линије). Горњи профил је добрим делом покривен хумусом.

4. *Југоисточно од Леска-Махале* (прилог 1, бр. 4.) такође на асфалтном путу, у профилу Божичке реке, око 300 м ЈИ од рудног тела горње локалности, откривено је 1981. год. још једно орудњење титаном. Овде су, у хлоритско-амфиболско-епидотским шкриљцима, који су слабије или јаче гранитизовани, узете три пробе на међусобном растојању од 10 м, а анализе су дале садржаје од 3,47—4,80% TiO_2 . Узорковање је, у ствари, вршено на отвореном профилу на путу. Започето је у филитоми-

кашистима сиромашним у титану, а затим се ушло у хлоритско-амфиболско-епидотски орто-шкриљац, при чему су концентрације титана нагло порасле достижући горе наведене вредности. Орудњење се, дакле, јавља на самом контакту са филомитикашистима, а праћено је на дужини од свега 30 м. због покривености терена. Испитивања указују да се овде не ради о рудној жици већ о рудном телу чије су стварне димензије за сада непознате.

5. *Око 900 м југоисточно од рудног тела Леска-Махале* (прилог 1, бр. 5), такође на асфалтном путу, око 550 м од претходне појаве, такође у хлоритско-амфиболско-епидотским орто-шкриљцима, на њиховом југоисточном контакту са филомитикашистима, откривено је 1981. год. још једно Ti -орудњење. На овом профилу узроковања су вршена на међусобном растојању од 15 м, при чему су узете три пробе које су дале 3,06—4,77% TiO_2 . Ово орудњење такође није жичног карактера и непознатих је димензија, због покривености терена, али се може тврдити да се оно простире на дужини која није мања од 55 м.

Како су 1981. год., при изради геолошке карте (1:10 000) откривене још четири веће масе хлоритско-амфиболско-епидотских шкриљаца и то са обе стране профила Божичке реке, које нису уопште узорковане на титан и друге метале, овај посао требало би урадити у наредном периоду.

6. *Локалност Клисуре Махала*. Захвата шире подручје ушћа Бурчијског потока у Голему реку. Ранијим профилисањем Бурчијског потока близу његовог ушћа у Голему реку, која се ниже улива у Љубатску реку, откривене су Ti -минерализације на неколико места и то у гранитизованим габровима, а главни титанов минерал је *рутил* (до 7,0%), уз мало илменита и уз повећано присуство *сфена* (до 3%). Рутил је највећим делом настао из *илменита* кога сада има мало. Једна анализа главне појаве у Бурчијском потоку дала је 6,1% TiO_2 . Поред титанових минерала, овде значајније наступају и сулфиди, и то: *пиротин* (до 20%), затим *пирит*, *маркасит*, *сфалерит*, *халкопирит* и *лимонит*, уз велико учешће *графита* (до 40%). С обзиром на ове резултате, при проспекцији отвореног профила Љубатске реке (Г. Љубата — Босиљград), 1981. год. извршено је погушћивање приликом узорковања овог дела терена, што се показало оправданим. Тако је узводно од састава Големе реке и Љубатске реке, око 1 км од овог састава (ваз. линија), откривена једна титанова минерализација и то у пироксен-габру. Овде су узета три узорка, на међусобном растојању од око 50 м и све три пробе дале су добре резултате (6,51; 4,76 и 5,25% TiO_2). Око 50 м испод задње појаве наступа биотит гнајс у коме садржаји TiO_2 нагло опадају (1,04%), али су још доста високи за ову врсту стене. После око 200 м (ваз. линија) улази се у амфиболит и на овој тачки узет је један узорак који је дао

3,76% TiO_2 . Око 150 м низводно налази се опет на пироксен габро, у коме је, према једној анализи, садржај TiO_2 износио 3,56%.

Из свега наведеног може се закључити да се овде ради о једној широкој зони са повећаним концентрацијама титана, које се јављају у гранитизованим габровима, пироксен-габровима и амфиболитима, па би ову зону требало детаљније истражити.

.....

Свему што је горе наведено треба додати још и чињеницу да се гранитизовани габрови у профилу Божичке реке, који су иначе дали два за сада главна титанова оруђења (Леска и Требеника Махала) простиру скоро непрекидно све до Босиљграда и даље, да су и у овим деловима терена још раније констатоване повећане концентрације Ti на неколико места и то при сасвим прелиминарним узорковањима, па би овај масив требало детаљно узорковати и истражити.

ЗАКЉУЧАК

1. Геолошко картирање

Овим радовима издвојене су метаморфне и магматске стене, и то: филити, филитомикашисти, графитски шкриљци, хлоритско-амфиболско-епидотски и др. шкриљци, затим мигматит-гнајсеви, мермерисани кречњаци и мигматит-гранити. Местимично се јављају и силови и мање масе кварц-латита.

Гранитизовани габрови („мигматит-гранити“) били су предмет посебног интересовања, због њихове рудоносности у погледу на титан, која је откривена на два места већ ранијим истраживањима, а у току картирања откривене су и мање или веће масе хлоритско-амфиболско-епидотских шкриљаца и то са обе стране Божичке реке. Како ћемо доцније видети, и ове су се стене показале рудоносним у погледу на титан.

2. Петролошке одлике рудоносних стена

Мигматит гранити у ствари су бивши габрови који су се јављали првобитно у виду скоро континуиране масе почев од Гајдиног Чукара на северозападу, до Босиљграда на југоистоку и даље. Ове примарне стене касније су гранитизоване у мањој или већој мери и углавном претворене у диорите, кварц-диорите и плагиограните. (лит. 3, 8, 10).

Хлоритско-амфиболско-епидотски шкриљци по свој прилици такође су настали из горњих габроида, али највећим делом

накнадним метаморфизмом ових стена. Ови шкриљци и сами су мањим делом гранитизовани.

Хлоритско-епидотски и епидотско-хлоритски шкриљци највећим делом су, а можда и потпуно, орто-стене, настале метаморфизмом првобитних базичних стена, и то, вероватно, габроида.

Према томе, постоји могућност да је изворна стена за тзв. мигматит-граните, кварц-диорите, диорите и плагиограните, затим за хлоритско-амфиболско-епидотске, хлоритско-епидотске и епидотско-хлоритске шкриљце — био габро, који је великим делом гранитизационим процесима претворен у горе наведене магматске стене, а, с друге старне, у описане шкриљце, који су много мање гранитизовани.

На ово, између осталог, указује и чињеница што се у свим овим стенама јављају Ti-минерализације истог типа и минералног састава.

3. Проспекциони радови

Ови радови показали су да се низ геолошких формација у испитиваним просторима одликује веома упадљиво повећаним садржајима титана просечно знатно изнад кларка који важи за овај метал.

Анализирајући добијене резултате долази се до закључка да су у погледу на наведени метал најперспективније следеће стене:

- а) гранитизовани габрови
- б) хлоритско-амфиболско-епидотски шкриљци
- в) хлоритско-епидотски и епидотско-хлоритски шкриљци
- г) амфиболити и амфибол гнајсеви

Сва главна орудњења титаном откривена су у габровима и гранитизованим габровима (диорити, кварц диорити, албитски гранити), затим у метаморфисаним габровима (хлоритско-амфиболско-епидотски шкриљци), као и у амфиболским стенама (амфиболити и амфибол гнајсеви) па даља истраживања на титан треба првенствено усмерити у наведеном смислу.

4. Рудне појаве

Поред рудних тела на локалностима *Леска* и *Требеника Махала*, откривено је и преко 20 појава повећаних концентрација титана у разним стенама. Тако је, између *Леска* и *Требеника-Махале*, у профилу Божичке реке узето 12 проба у гранитизованим габровима на дужини око 400 м, при чему је седам проба дало садржаје TiO_2 од 1,96 — 6,35% уз средње садржаје од 4,48%. Како између рудних тела *Леска* и *Требеника-Махале* постоји растојање од свега 600 м (вазд. линије), долази се до

закључка да је укупна орудњена зона дуга бар један километар (вазд. линија).

Југоисточно од Леска-Махале, такође с десне стране Божичке реке, откривена су два рудна тела титана и то у хлоритско-амфиболско-епидотским орто шкриљцима. Прво је лоцирано на северозападном а друго на југоисточном контакту са филитомикашистима, на удаљености од 300, односно 900 м (вазд. лин.) од рудног тела Леска-Махале. У оба случаја узете су по три тачкасте пробе, на међусобном растојању од 10, односно 15 м, и у оба случаја садржаји TiO_2 кретали су се између 3,50 и 4,80%.

Према томе, из горњег произилази закључак да у профилу Божичке реке, између Требеника-Махале на СЗ и доњег краја Поњевица-Махале на ЈИ, на укупној дужини од 2 км (вазд. линија), постоји пет орудњења титаном, у виду мањих или већих рудних тела, која због покривености терена нису сасвим оконтурена па се даља истраживања у овом и ширем простору показују као неопходна. Ово се односи, пре свега, на међупросторе горњих рудних тела, затим на новооткривене масе хлоритско-амфиболско-епидотских шкриљаца са леве и десне стране Божичке реке у којима су у 1981. год. откривена два рудна тела, као и на главни део масе гранитизованих габрова од Леска-Махале до Босиљграда и даље.

У локалности зв. *Клисура Махала* у зони састава Големе и Љубатске реке, повећане концентрације TiO_2 запажене су на више места и то у пироксен-габровима и гранитизираним габровима. У оба случаја садржаји TiO_2 износе до 6% и цео овај део терена потребно је детаљније испитати и узроковати. Од сулфида најзаступљенији је пиротин (до 20%), а прате га пирит, халкопирити, марказит, сфалерит и др.

.....

У погледу осталих метала, изузев местимично сулфида, за сада им нису запажене повећане концентрације које би биле вредне пажње. То се односи на *олово, цинк, бакар, никал, кобалт, хром, гвожђе и скандијум*. Појаве *магнетита* код села зв. Бистар доста су значајне по димензијама, али су овде садржаји гвожђа просечно ниски (10—20% Fe). У погледу *ванадијума*, његови садржаји у гранитизованим габровима, према досадашњим испитивањима, износе око 500 г/т, а у амфиболитима до 900 г/т, па би се овај метал евентуално могао експлоатисати само као нуз продукт при експлоатацији титана.

Геофизичка испитивања

Геофизичка-геомагнетска-испитивања била су предвиђена у циљу утврђивања реакције орудњених гранитизованих габрова

Леска-Махале на профилу где су откривени, као и праћења њиховог даљег простирања испод хумусног и кристаластог покривача (види геолошку карту, прилог 1).

Испитивање узорака стена показало је да су гранитизовани габрови, иако слабо магнетични, ипак просечно 3,5 пута магнетичнији од филита и филитомикашиста, па се на основу геомagnetских аномалија ове две врсте стена могу јасно раздвојити. Геомагнетске аномалије на откривеним гранитизованим габровима најмање су два пута веће него на шкриљцима.

У вези са овим може се закључити да констатована зона повећаних аномалија (60—70 nT) на шкриљцима указује на присуство гранитизованих габрова испод хумусно-кристаластог покривача, у ЗСЗ правцу и то на дужини до преко 350 м.

С обзиром на изнете резултате геомагнетских испитивања, као и на околност што се стена-носилац оруђања може пратити само дуж профила Божичке реке, где су до сада откривена четири рудна тела титана, показује се као неопходно праћење простирања ових стена на покривеном терену помоћу геомагнетске методе.

ЛИТЕРАТУРА

- Бешић Зарија (1951): Прилог познавању распореда и старости геолошке праће у Динаридима. — Гласник Прир. муз. Срп. земље. Серија А, књ. 4, Београд.
- Бешић Зарија (1952): Прилог ка познавању геологије Динарида. — Гласник Прир. муз. Срп. земље. Серија А, књ. 5, Београд.
- Вујановић В. (1978): Перспективност базичних магматских и метаморфних стена Српско-македонске масе Србије на титан и пратеће метале. (потез Владичин Хан-Босиљград). — Фонд стр. док. ИГРИ, Београд.
- Вујановић В. и Теофиловић М. (1978): Појаве турмалинизације код Босиљграда. — Записници СГД за 1978. год., Београд.
- Вујановић В. и Теофиловић М. (1979): Титанско-сулфидно-графитске парагенезе и појаве грајзенизације код Клисуре Махале (Босиљград). — Записници Српског геол. друштва за 1978. год., Београд.
- Вујановић В. и Теофиловић М. (1979): Лежиште титана у локалности Леска Махала (Босиљград). — Записници Српског геол. друштва за 1978. год., Београд.
- Вујановић В., Дивљан С., Теофиловић М. и Бебић В. (1980): Појаве гранитизације и грајзенизације базичних и гранитизације ултрабазичних стена у сурдуличком еруптивно-метаморфном комплексу. — Гласник Прир. музеја, серија А, Београд.
- Вујановић В. и Теофиловић М., (1980): Студија о титану и пратећим металима у Српско-македонској маси Србије. — Посебно издање. Зборник радова, Технички факултет-Институт за бакар, Бор.
- Вујановић В. (1982): Извештај о полудетаљним испраживањима на титан и пратеће метале у околини Босиљграда. — Фонд. стр. док. ИГРИ, Београд.
- Вујановић В. и Теофиловић М. (1983): Genetical types of the titanium mineralizations in the metamorphic and basic rocks of the Rhodope mass in Serbia (Yugoslavia). — Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged, XXVI/1, 109—114.

V. VUJANOVIĆ
M. TEOFILOVIĆ

Summary

DISTRIBUTION AND CONCENTRATION OF TITANIUM IN METAMORPHIC AND MAGMATIC ROCKS NEAR BOSILJGRAD (SE SERBIA, YUGOSLAVIA)

In the 1978—1981 period various types of the rocks were examined by the authors with the same cited above. The field works included, beside others, the sampling of the rocks along the exposed profiles in a length of 50 km as well as the preliminary explorations of detected Ti-mineralizations occasionally followed by the geomagnetic investigations. lit. 3, 5, 6, 8, 9).

Distribution of titanium

a) *Biotite gneisses* contain 0,94—1,22% of TiO_2 , 53—132 ppm of vanadium and 15—150 ppm of chromium. Accessory ilmenite, rutile and sphene, in places with sparse magnetite, are visible. Pyrite is rare and it is related to the later granitoids.

b) *Biotite schists* contain 0,95—1,17% of TiO_2 , 50—132 ppm of vanadium, and up to 130 ppm of chromium. The Ti-minerals are the same cited above.

c) *Phyllitic micaschists and graphite schists* contain 0,20—0,95% of TiO_2 , with 20—60 ppm of vanadium.

The accessory minerals are ilmenite, rutile and sphene.

d) *Calcschists and cipolines* contain 0,10—0,22% of TiO_2 , with vanadium up to 30 ppm. Occasionally cipolines contain up to 1,73% of TiO_2 and up to 100 ppm of vanadium.

e) *Chlorite-sericite schists* contain 1,09—1,50% of TiO_2 , with vanadium ranging 24—168 ppm. Accessory minerals are rutile (up to 2%) and sphene, both of which are mainly products of conversion of primary ilmenite.

f) *Chlorite-epidote schists* contain 1,01—3,76% of TiO_2 (average more than 2%), whereas the chromium contents range 130—360 ppm. As a rule, these rocks originated from the gabbros. The accessory mineral had been ilmenite, which is mostly converted into rutile, sphene and leucoxene. The Ti-mineralizations in these rocks had also been represented by ilmenite which is mainly transformed into the above cited minerals and the leucoxene. Sulphide minerals are pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite and pentlandite which are related to the young granitoids. Marcasite is scarce.

g) *Epidote-chlorite schists* contain 1,04—2,21% of TiO_2 , with the chromium ranging 240—360 ppm. Primary ilmenite and ru-

tile in these rocks are scarce, so sphene and leucoxene are dominating (up to 7%). The schists described originated from the gabbroic rocks.

h) *Muscovite and two mica schists* contain 0,10—0,23% of TiO_2 and 20—30 ppm of vanadium. The only Ti-mineral is ilmenite. Dominating is younger magnetite (up to 5%) with some pyrite.

i) *Pyroxene gabbros* contain 0,95—4,76% of TiO_2 , 160—400 ppm of chromium and 240—330 ppm of vanadium. Accessory minerals are ilmenite (exsolutions in pyroxene), rutile and sphene. Some rutile is also exsolved from pyroxene, but it is mostly, together with the sphene, the product of alteration of ilmenite. In places also Ti-mineralizations were recognized in which leucoxene is predominant. Magnetite, pyrite, pyrrhotite and chalcopyrite are rather scarce. In some cases also sphenization was recognized (up to 15% of sphene in the specimen). The influx of ilmenite (and rutile) has been expressed moderately.

j) *Amphibolites and amphibole migmatite gneisses* contain 1,22—3,25% of TiO_2 , (average more than 2%), 100—140 ppm of chromium and 340—950 ppm of vanadium. Accessory Ti-minerals are flaky ilmenite and rutile, with fine grains of sphene. Ilmenite is partly converted into rutile. The metasomatic influx of the cited Ti-minerals has also been recognized and it is related to the later granitoid rocks (lit. 3, 8, 10). Newly formed magnetite (partly martitized), pyrite, chalcopyrite and pyrrhotite are present as well.

A number of analyses of another rocks from the region have shown the contents of TiO_2 as follows:

granite 0,18%, *aplite* 0,10%, *dacite* 0,89%, *muscovite schists* 0,38—0,87%; newly detected *chlorite-amphibole-epidote schists* 3,69—4,78% with chromium up to 360 ppm. The latter rocks are originating from the primary gabbros.

Ti-mineralization and deposits

More than 20 mineralizations were detected by the authors, most of which are located in *granitized gabbros* (diorites, quartz diorites and plagiogranites), *chlorite-amphibole-epidote schists* originated from the gabbros, and *amphibolites and amphibole gneisses*. In the first rocks the ore is leucoxene, in the schists ilmenite and rutile are also present, whereas amphibole rocks are enriched by titanium minerals (ilmenite, rutile, sphene), which are the product of the Ti-metasomatic front (lit. 3, 6, 8, 9, 10). Only the most interesting Ti-deposits and the mineralizations will be described below.

1. *Ore body »Trebenika mahala« (Prilog 1, br. 1)*. It is outcropped in the granitized gabbro in a length of about 130 m, conta-

ining up to 6,18% TiO_2 and up to 800 ppm of vanadium. The primary Ti-ore was ilmenite later converted into leucoxene almost totally.

2. Ore body »Leska Mahala« (Prilog 1, br. 2). The body is exposed in a length of about 330 m, is 90 m large and sinks more than 40 m. The host rock is granitized gabbro (quartz-diorite, plagiogranite). The primary ilmenite is converted into leucoxene consisting of sphene and rutile with scarce ilmenite. The preliminary average grade of TiO_2 in the ore body is 5,6%, of vanadium about 500 ppm (Lit. 3, 6, 9, 10).

3. Mineralization zone between »Leska and Trebenika Mah.« (Prilog 1, br. 3). It is situated in the covered area in which the granitized gabbros are outcropped in a number of places. The average grade of TiO_2 is 4,48% and the type of mineralization is as cited above.

4. Southeast from »Leska Mahala« (Prilog 1, br. 4 and br. 5) two ore bodies were detected, notably in the chlorite-amphibole-epidote schists originating from the gabbros. The primary ore was also ilmenite which is later transformed into rutile, sphene and leucoxene. Preliminary average grade of TiO_2 , in both of the ore bodies, is in range 3,50—4,80%.

5. »Klisura Mahala«. The question is of a large zone mainly represented by granitized gabbros, meta-gabbros and amphibole rocks in which contents of TiO_2 reach up to 7%.

The central area of this zone was described earlier by the authors (Lit. 3, 5, 9), thus We will point out only to the fact that in this zone rutile is sometimes predominant Ti-mineral. The recent explorations in this zone have demonstrated that the pyroxene gabbros can also be interesting containing preliminary 4,76—6,51% of TiO_2 .