

**Borehole and Thin Section Descriptions**  
**from Exploration Drilling and Field Work**  
**in**  
**the Antaramut-Kurtan-Dzoragukh Coal Field,**  
**North-Central Armenia**

U.S. Geological Survey Open-File Report 99-582

1999

Brenda Pierce<sup>1</sup>, Samvel Harutunian<sup>2</sup>, Artur Martirosyan<sup>2</sup>, and Grigory Harutunian<sup>3</sup>

<sup>1</sup> U.S. Geological Survey, 956 National Center, Reston, VA 20192

<sup>2</sup> U.S. Geological Survey Armenian Staff, #5 1st Byway of Aigedzor, Yerevan, Armenia

<sup>3</sup> Ministry of Environment, GeoEconomic Scientific Center, 49 Komitas St., Yerevan, Armenia

---

This report is preliminary and has not been reviewed for conformity with U.S. Geological Survey editorial standards and stratigraphic nomenclature. Any use of trade, product, or firm names is for descriptive purposes only and does not imply endorsement by the U.S. Government.

## **Introduction**

The U.S. Geological Survey (USGS) conducted a program of Coal Exploration and Resource Assessment of Armenia as part of a USAID-funded (U. S. Agency for International Development) energy project in the Commonwealth of Independent States of the former Soviet Union. The USGS conducted detailed field work on six coal fields in Armenia - Antaramut, Shamut, Jermanis, Jajur, Ijevan, and Nor Arevik - and exploratory drilling on one - the Antaramut Coal Field (fig. 1).

## **Coal Field**

The Antaramut Coal Field is located in north-central Armenia approximately 15 km north of Vanadzor, the third largest city in Armenia (fig. 1). Coal has been reported in the Antaramut coal field since around the turn of the century. However, the coal had always been thought, by previous workers, to have occurred in an area of approximately 1 km<sup>2</sup> (Talanian and Bogdanova, 1956; Keshabian and others, 1997). Because of the exploration work carried out by USGS, the coal field has been expanded from the 1 km<sup>2</sup> area to an area of approximately 20 km<sup>2</sup> (fig. 2). Because the coal field has been greatly expanded as a result of the exploratory drilling, we have renamed the coal field to include the three villages in the area the coal field encompasses. Thus, we have named this coal field the Antaramut-Kurtan-Dzoragukh coal field (fig. 2).

## **Methodology**

The USGS drilled 41 boreholes at 32 locations in the Antaramut-Kurtan-Dzoragukh coal field from May 1997 to July 1999. Total drilling equaled 4162 m - 1349 cored meters and 2813

rotaried meters. Maximum depth drilled in this project was 264 m. This was not the capacity of the rig, but rather, the maximum depth of interest based upon geology and lithology of the region.

In the beginning, we twin holed most locations. That is, the hole was rotary drilled and geophysically logged. Then, a second borehole, usually 4 to 5 m away from the first was rotary drilled to intervals of interest, usually coal, which were then cored. In the second year of the project, however, we encountered many technical engineering difficulties because of fractures in the strata above the coal, and as a result, we commonly cored the entire hole. Often, rotary drilling was neither safe nor efficient. Further, because of the complicated geology (tectonics, structure) of the coal field, the complete cores gave us more information than could be obtained by rotary drilling.

The USGS used an SKB-4 (CKB-4) Russian coring drill rig. The USGS modified this drill rig in order to conduct both rotary and core drilling using the same rig. Modifications included adding a much larger mud pump than was originally found on the rig.

## **Data**

### *Borehole Descriptions*

Contained in this report are the lithologic borehole descriptions of each locality drilled by the USGS as part of this program. Only one borehole description per site is included in this report. Descriptions appear in both English (Appendix A) and Russian (Appendix B) and locations of each borehole are found on figure 2. Also included are three holes (holes 1, 2, and 3) drilled jointly by the USGS and the Republic of Armenia Ministry of Environment Gugark Expedition, in fulfillment of their State Plan for Coal Exploration. All descriptions of borehole

lithologies for boreholes 4 through 32 and the interpretations of the coal field's stratigraphic units are made by the USGS. The descriptions for boreholes 1 through 3 were made by the Ministry of Environment geologist, but are reinterpreted here using our stratigraphic nomenclature.

### *Thin Section Descriptions*

Also included in this report are thin section descriptions of numerous outcrop and borehole samples taken as part of the USGS exploratory program. Thin section descriptions are also presented in both English (Appendix C) and Russian (Appendix D) and outcrop sites or borehole locations are found on figure 2. Occasionally, thin section descriptions do not match with generalized borehole interval lithologic descriptions. This is because the thin section comes from a very small part of the overall lithologic interval and they may not be representative of the entire lithology.

Because the petrographer is Armenian, the thin section descriptions were written in Russian and translated into English. Most of the descriptive, textural, and mineral terms are the same in both languages. However, there were a few notable exceptions. Three of these are Russian textural terms:

crystalloclastic:	made up of fragments of minerals
vitroclastic:	composed of fragments of volcanic glass
lithoclastic:	made up of fragments of rocks

Thus, for example, vitrocystalloclastic texture would mean “made up of fragments of volcanic glass and minerals” (Paffenholts, 1973).

### **Acknowledgements**

We thank Gaggik Papian for translating the original borehole descriptions from Russian into English for this manuscript and Nora Mirzoyan and Gaggik Papian for translating the original thin section descriptions from Russian into English. We would also like to thank the USGS drill crew - Ashot Balian, Movses Gevorkian, and Souren Arekelian. Appreciation is expressed to Mels Tutunjian, retired from RA Ministry of Environment, for the original descriptions for boreholes 1, 2, and 3.

### **References**

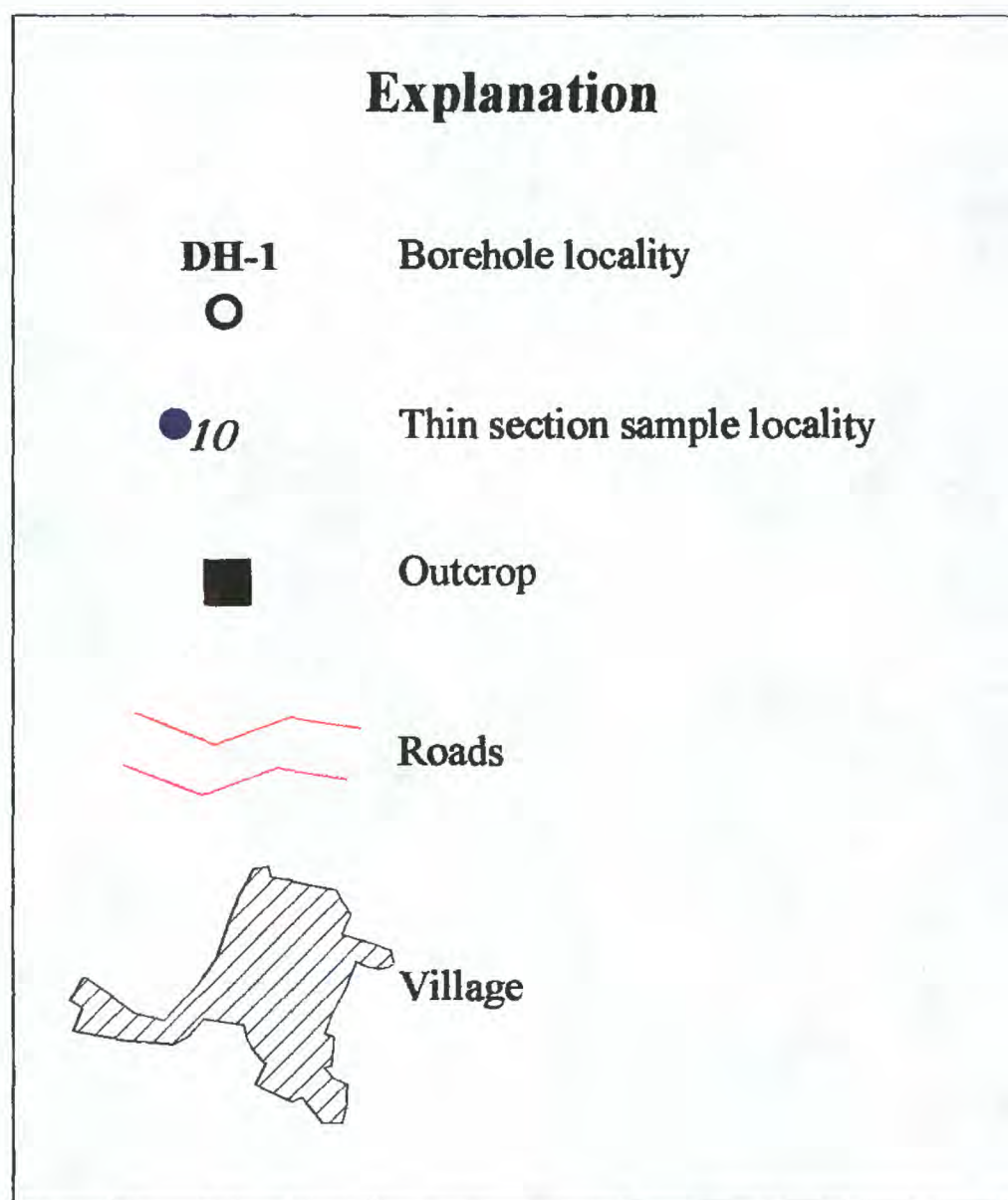
- Keshabian, V.R., Baghdasarian, A.A., and Arakelian, S.S., 1997 [Report on the results of Geologic Exploration and Estimation carried out from 1993-1997 on the Antaramut coal deposit in the Lori Marz of the Republic of Armenia]: Republic of Armenia State Archives No. 5857, 58p. (In Russian.)
- Paffenholtz, K.N. (ed.), 1973 [Geological Dictionary]: Nedra Press, Moscow, 2 volumes. (In Russian.)
- Talanian, K.G. and Bogdanova, E. P., 1956 [Report on geologic-exploration works on the Dilijan carbonaceous shale and Antaramut coal deposits for 1954]: Republic of Armenia State Archives No. 0292, 185 p. (In Russian.)

Figure 1. Location of coal, carbonaceous shale, and oil shale deposits in Armenia.

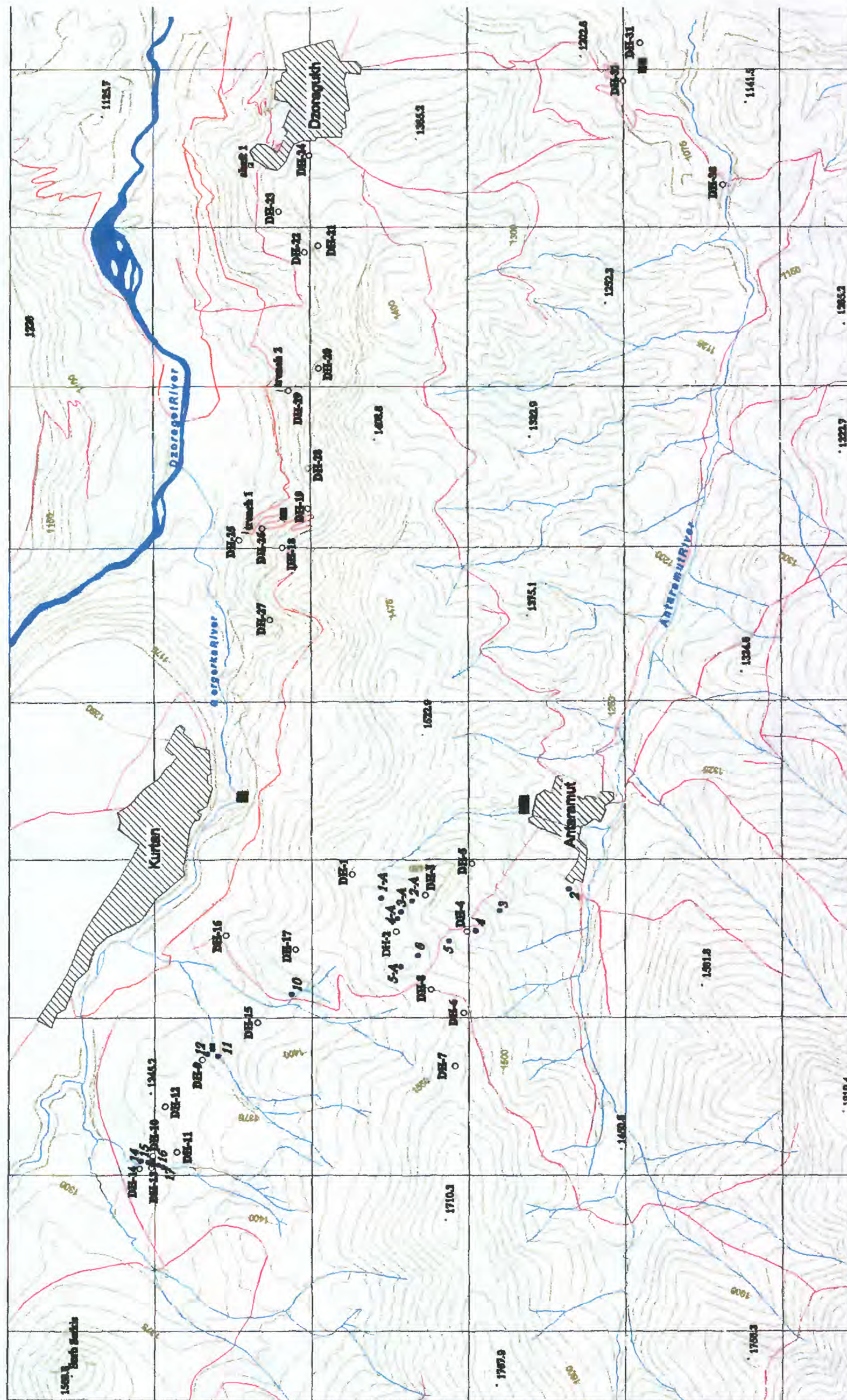




Figure 2. Topographic and locality map of the Antaramut-Kurtan-Dzoragukh coal field, in north-central Armenia. Each grid square is 1 sq km and the contour interval is 5 m. Boxes of resource areas are explained in the text.









## **Appendix A**

**Borehole Descriptions, in English, from the  
Antaramut-Kurtan-Dzoragukh Coal Field**

**Borehole 1**  
**(elevation 1497 m)**

<u>0.0-6.0</u>	Andesite
6.0	Dark gray, gray, in some places with a greenish tinge. Plagioclase and pyroxene phenocrysts are present in the groundmass. The rock is carbonatized, in some places chloritized.
<u>6.0-9.0</u>	Tuffaceous sandstone
3.0	Gray-brown and brown, fine- and medium-grained. Rock fragments and mineral debris are rounded and semirounded, rarely - angular. Dimensions - max 1 mm across.
<u>9.0-19.0</u>	Andesite
10.0	Dark gray and gray, analogous to interval 0.0-6.0 m.
<u>19.0-150.0</u>	Andesite, andesite-basalt
131.0	Dark gray. Cuttings are represented by dense, hard rock. In individual large fragments there occur crystals of pyroxene, amphiboles, also shapeless carbonate formations. The groundmass fragments are represented by dark gray volcanic glass. In some intervals - yellowish gray tuffaceous sandstone partings (1.5-2 m max), which contain volcanic glass, feldspar, rarely pyroxene, amphibole, mica and quartz.

**Borehole 2**  
**(elevation 1512 m)**

<u>0.0-101.0</u> 60.0	Tuff breccia Dense, greenish gray, in some places bluish green. The rock fragments consist of extrusive rock and mineral debris: plagioclase, quartz, biotite, possibly hornblende, also volcanic glass, which most likely comprises the groundmass. The rock is carbonatized, in some places chloritized.
<u>101.0-142.0</u> 41.0	Tuffaceous sandstone Gray, in some places with a greenish tinge. By composition is analogous to the previous interval. The rock in some places is ochered.
<u>142.0-148.0</u> 6.0	Rhyolitic tuff Dense, hard, yellowish gray, rarely contains extrusive rock fragments. Minerals: plagioclase, biotite, rarely - quartz. Volcanic glass is also present.
<u>148.0-224.0</u> 76.0	Tuff breccia, Tuffaceous conglomerate Dense, hard, gray, in some places with a greenish tinge, consists of rock fragments and mineral debris, most likely cemented by volcanic glass and ash. Minerals: semi-rounded grains of feldspar, quartz, biotite.



**Borehole 3**  
**(elevation 1488 m)**

3.0-64.0

61.0

Dacitic lava breccia

Dense, hard, gray and brown-gray, carbonatized, in some intervals - chloritized and ochered. The rock probably consists of rock fragments and mineral debris cemented by volcanic glass and ash. Extrusive rock fragments are angular, rarely semi-rounded. Minerals: quartz, feldspars, rarely biotite, possibly amphibole. Individual ore mineral grains are present.

**Borehole 4**  
**(elevation 1440 m)**

<u>3.0-22.0</u> 19.0	Tuffaceous sandstone or tuffaceous siltstone Cuttings are brown-gray, in some places with a greenish tinge; fragments of dense, hard rock with concealed and fine-grained texture, most probably fractured, fractures are ochered; hard extrusive rock fragments, quartz, plagioclase are present. The rock is weakly carbonatized.
<u>22.0-26.0</u> 4.0	Tuffaceous sandstone Greenish gray, dense, hard, fracture are intensely ochered, carbonatized and chloritized. Minerals: plagioclase, quartz, and rarely biotite.
<u>26.0-26.6</u> 0.6	Carbonaceous shale - <i>Bed Number 1</i> Dark brown, in some places with greenish tinge. Fractured, and along the fractures carbonatized and sometimes chloritized and ochered.
<u>26.6-28.9</u> 2.3	Tuffaceous siltstone Greenish gray, dense, in some places crushed, fractures are ochered, carbonatized.
<u>28.9-48.0</u> 19.1	Tuff breccia and Tuff conglomerate Greenish gray, dense, hard; extrusive rock fragments: angular, rarer semi-rounded, 2 x 2 cm by size. Minerals: quartz, plagioclase, biotite, hornblende. The rock is fractured, fractures are carbonatized.
<u>48.0-64.0</u> 16.0	Tuff breccia and Tuff conglomerate Dark gray, dense, hard, fractures are carbonatized. Rock fragments are angular, max. 0.5 cm, many are ochered, carbonatized.
<u>64.0-65.7</u> 1.7	Rhyodacitic tuff Light gray, dense, in some places fractured, fractures are ochered, carbonatized.
<u>65.7-66.4</u> 0.7	Tuffaceous sandstone Light gray, coarse-grained, w/ rock fragments (up to 5% of the whole mass), 3 cm across, fractures are ochered, carbonatized.
<u>66.4-66.6</u> 0.2	Sandstone Gray, coarse-grained, crushed, ochered, carbonatized.
<u>66.6-66.8</u> 0.2	Carbonaceous shale Dark gray, dense, hard, possibly silicified, w/ very thin coal lenses (1 mm max.).
<u>66.8-72.0</u> 5.2	Sandstone Greenish gray, medium-grained, crushed, shattered w/ rolls and semi-rounded extrusive rock fragments (1 x 2 cm).

<u>72.0-73.2</u>	Tuffaceous sandstone-tuff conglomerate
1.2	Brecciated, shattered, crushed, w/ rounded rock fragments (2X2 cm), carbonatized, chloritized.
<u>73.2-74.7</u>	Coal - <i>Bed Number 2</i>
1.5	Black, crushed, fractures are carbonatized, in some places silicified, includes light gray siltstone partings.
<u>74.7-75.1</u>	Siltstone
0.4	Gray, dense, fractures are carbonatized, interbedded w/ medium- and fine-grained sandstones. The rock is carbonatized.
<u>75.1-86.0</u>	Tuffaceous siltstone
10.9	Chestnut brown, fractures are carbonatized, chloritized, slightly striated, shattered.



**Borehole 5**  
**(elevation 1400 m)**

<u>3.0-40.0</u> 37.0	Clay shale Cuttings are brown, clayey, some fragments are laminated. The rock is friable, plastic when wet, contains clasts (gruss, gravel) making max 10 percent of the whole rock mass, in some intervals the rock is chloritized. In the interval 13.0-15.0 m the cuttings are light gray.
<u>40.0-57.0</u> 17.0	Tuff breccia Light gray, dense, with extrusive rock fragments - angular, semi-rounded, 2 x 2 cm. Minerals: quartz and plagioclase. The rock is carbonatized.
<u>57.0-66.0</u> 11.0	Rhyolitic tuff Yellowish gray, dense, fractures are highly ochered, carbonatized. Minerals: quartz, hornblende, chlorite, also some red mineral, possibly cinnabar.
<u>66.0-108.0</u> 42.0	Tuff breccia Gray, dense, fractures are carbonatized, ochered. Rock fragments are angular, 1 cm across. Minerals: quartz, plagioclase, rare biotite scales.
<u>108.0-144.7</u> 36.7	Siltstone Brown, with coarse-grained sandstone partings, rounded rock fragments. In certain intervals the rock is fractured, fractures are carbonatized, chloritized. Contains quartz grains. Extrusive rock fragments, in some intervals, make 30 percent of the whole mass, reaching 10 cm across in size.

**Borehole 6**  
**(elevation 1535 m)**

<u>4.0-13.0</u> 9.0	Tuff breccia Brown. The rock is soft, plastic when wet. There occur rock fragments and mineral debris: quartz, feldspars, chlorite, sericite. A portion of the fragments are semi-rounded. The rock is carbonatized, chloritized.
<u>13.0-68.0</u> 55.0	Tuff breccia Gray, in some places greenish gray, most likely strongly tectonically affected, which result in the intense carbonatization, chloritization and ochering of the rock. Secondary minerals are abundant: quartz, chlorite, carbonate. Sulfide phenocrysts are present in some individual cuttings.
<u>68.0-78.0</u> 10.0	Basalt Dense, dark gray, with a cryptocrystalline texture. Rare debris of pyroxene and plagioclase are present.
<u>78.0-88.0</u> 10.0	Tuffaceous sandstone Gray, in some places greenish gray. By composition is analogous to interval 13.0-68.0 m.
<u>88.0-108.0</u> 20.0	Tuff breccia, tuffaceous sandstone Gray, dense, in the interval 94.0-101.0 m - ferruginized. Minerals: quartz, plagioclase, and rarely biotite. The rock is carbonatized, less chloritized.

**Borehole 7**  
**(elevation 1590 m)**

<u>3.0-15.0</u>	Tuff breccia
12.0	Dense, hard, light gray with a brownish tinge, consists of extrusive rock and mineral debris: quartz, plagioclase, dark amphiboles.
<u>15.0-80.0</u>	Tuff breccia
65.0	Dense, hard, greenish gray. The extrusive rock fragments and mineral debris are bound by a groundmass represented by volcanic glass and ash. Minerals: quartz, plagioclase, rarely biotite, possibly hornblende. The rock is carbonatized, in some places chloritized and ferruginized.
<u>80.0-122.0</u>	Tuff breccia
42.0	Dense, of medium hardness, light gray. Basic extrusive rock fragments make max 15 percent. Minerals: quartz, plagioclase, rarely biotite. The rock is carbonatized, in some intervals chloritized, ferruginized.
<u>122.0-153.0</u>	Rhyolitic tuff
31.0	Dense, gray with a pinkish tinge. Individual debris of quartz and biotite are present.
<u>153.0-184.0</u>	Basalt
31.0	Dense, hard, dark gray, slightly carbonatized, with some ferruginized spots. Individual debris of plagioclase, possibly pyroxene, also fragments of ground mass represented by volcanic glass are present.
<u>184.0-202.0</u>	Tuff breccia
18.0	Dense, brown-gray, in some places with a greenish tinge, carbonatized. There occur extrusive rock fragments (10 percent) and mineral debris: quartz, plagioclase, biotite.
<u>202.0-264.0</u>	Tuff and Tuff breccia
62.0	Dense, hard, greenish gray. Extrusive rock fragments, mineral debris and volcanic glass are present. The rock is slightly carbonatized, some fragments are ochered.



**Borehole 8**  
**(elevation 1507 m)**

<u>3.0-18.0</u> 15.0	Rhyolitic tuff Cuttings are yellowish light gray. Rock is heavily fractured, carbonatized, in some places ferruginized. Minerals: quartz, plagioclase, biotite.
<u>18.0-25.5</u> 7.5	Siltstone Gray, dark gray, with small carbonaceous shale partings, fractures and micro fractures are carbonatized. Individual quartz crystals.
<u>25.5-27.3</u> 1.8	Sandstone Gray, fine-grained, fractured, with a 2-3 cm thick coal parting.
<u>27.3-34.0</u> 6.7	Sandstone Gray, with a composition analogous to the previous interval, but without coal.
<u>34.0-37.0</u> 1.0	Sandstone Brown, fine-grained, schistose, shattered, with very thin (several mm) coal partings. The rock is carbonatized, in some places chloritized, weakly laminated.
<u>37.0-37.3</u> 0.3	Tuffaceous sandstone Light gray, with rock fragments, rounded quartz crystals, plagioclase, rare biotite plates, poorly laminated.
<u>37.3-39.9</u> 2.6	Sandstone Brown, fine-grained, and in some intervals coarse-grained. Slight laminations are observed at an angle of 12°.
<u>39.9-57.7</u> 17.8	Tuffaceous sandstone Greenish gray, dense; extrusive rock fragments are 2 x 2 cm in size. The rock is fractured, fractures and micro fractures are carbonatized. Minerals: quartz, plagioclase, rare biotite plates. In some intervals the rock is crushed and shattered.
<u>57.7-59.0</u> 1.3	Sandstone Chestnut brown, fine-grained, in some places carbonatized, chloritized, silicified, shattered; single quartz grains.
<u>59.0-81.0</u> 22.0	Tuffaceous sandstone with rock fragments. Cuttings are greenish gray. Minerals: quartz, plagioclase. The rock is carbonatized.
<u>81.0-87.0</u> 6.0	Tuffaceous sandstone Pink-gray, dense, hard, medium-grained, in some places coarse-grained with angular extrusive rock fragments. Minerals: quartz grains.

<u>87.0-114.0</u>	Tuffaceous sandstone
27.0	Greenish gray. Cuttings are represented by fragments of dense rock which are carbonatized. Minerals: quartz, biotite, and possibly hornblende debris.
<u>114.0-117.0</u>	Sandstone
3.0	Cuttings are represented by dense, chestnut brown rock fragments with individual dark extrusive rock fragments. Quartz grains are present.
<u>117.0-122.0</u>	Tuffaceous sandstone
5.0	Greenish gray. By composition, analogous to interval 87.0-114.0 m.

**Borehole 9**  
**(elevation 1326 m)**

<u>3.0-22.0</u> 19.0	Tuff breccia Brown-gray, dense, fractured, with angular rock fragments; the rock is highly carbonatized, chloritized, kaolinized, ferruginized. Minerals: quartz, feldspar, biotite.
<u>22.0-23.8</u> 1.8	Sandstone Gray, medium-grained, carbonatized, in some places silicified, ferruginized, chloritized.
<u>23.8-24.0</u> 0.2	Sandstone Analogous to that in the previous interval, with hard coal partings, possibly silicified.
<u>24.0-24.8</u> 0.8	Tuffaceous sandstone Greenish gray, crushed, carbonatized, chloritized.
<u>24.8-27.0</u> 2.2	Siltstone Chestnut brown with individual rock fragments; the rock is crushed, carbonatized, chloritized.
<u>27.0-27.4</u> 0.4	Coal - <i>Bed Number 2</i> Black, friable, shattered, with siltstone partings; there occur weathered pieces of coal and hard, silicified coal fragments.
<u>27.4-30.0</u> 0.6	Tuffaceous sandstone Greenish gray, crushed, highly carbonatized, chloritized.
<u>30.0-33.0</u> 3.0	Clay Brownish gray, with semi-rounded grains of quartz, plagioclase, and rock fragments.
<u>33.0-37.0</u> 4.0	Siltstone Chestnut brown, with individual rock fragments, crushed, shattered, highly carbonatized, chloritized, in some places ferruginized; rounded, semi-rounded grains of quartz.
<u>37.0-56.8</u> 19.8	Dacitic tuff breccia Light brown, dense, fractured, highly carbonatized, chloritized, certain intervals are ferruginized. Minerals: quartz, plagioclase, hornblende, biotite, fragments of volcanic glass.
<u>56.8-64.0</u> 7.2	Siltstone Chestnut brown, crushed, shattered, highly carbonatized, chloritized, in some places ochered; single fragments (gruss) of extrusive rocks.

64.0-122.0 Tuff breccia  
58.0 Greenish gray. Fragments of dense, hard rock, carbonatized, in some place  
ochered. Minerals: quartz, plagioclase, amphiboles. Also contains volcanic  
glass and extrusive rock fragments. In some intervals, the rock is chloritized.

**Borehole 10**  
**(elevation 1312 m)**

<u>3.0-13.0</u>	Tuff breccia
10.0	Cuttings are light brown; dense and hard rock fragments; clear quartz crystals, dull plagioclase grains, biotite plates, dark hornblende fragments, volcanic glass fragments. The rock is carbonatized, ochered.
<u>13.0-20.0</u>	Tuffaceous sandstone
7.0	Cuttings are gray, plastic when wet. There occur semi-rounded grains of quartz, plagioclases, biotite plates. The rock is crushed and carbonatized.
<u>20.0-44.0</u>	Tuff breccia
24.0	Cuttings are grayish brown, consist of quartz, dull white plagioclase, rare biotite plates, limonite, rare fragments of ore minerals; also dense extrusive rock fragments. The rock is weakly carbonatized and ferruginized.
<u>44.0-50.0</u>	Tuff breccia-tuffaceous sandstone.
6.0	Cuttings are gray, in some places dark gray, consisting of fragments of quartz, plagioclases, biotite, individual fragments of potassium feldspar, dark amphibole crystals, volcanic glass. The rock is hard, fractured, along the fractures - carbonatized and ferruginized, in some places - silicified.



**Borehole 11**  
**(1327 m)**

<u>3.0-17.0</u>	Tuff breccia
14.0	Hard, dense. Cuttings are light brown. There occur also dark rock fragments and minerals - quartz, plagioclase, biotite, some ore mineral grains. The rock is carbonatized, in some places ferruginized.
<u>17.0-27.0</u>	Tuff breccia-tuffaceous sandstone
10.0	Dense, hard. Cuttings are bluish gray. There occur fragments of quartz, plates of biotite. The rock is most probably carbonatized, ferruginized.
<u>27.0-28.0</u>	Cuttings are dark gray, by composition analogous to the previous interval; single fragments of dark gray, black, hard, possibly carbonified rock.
1.0	

**Borehole 12**  
**(elevation 1333 m)**

<u>3.0-6.0</u> 3.0	Tuff breccia Cuttings are light brown; rock consists of quartz grains, plagioclase, biotite plates, and volcanic glass. There occur rock fragments, individual ore minerals. The rock is hard, fractured, carbonatized, in some places ferruginized.
<u>6.0-24.0</u> 18.0	Basalt Cuttings are gray, in some places dark gray; fragments of hard, dense rock with predominantly dark minerals; the minerals are represented by prismatic crystals of pyroxenes, amphiboles, dull plagioclase crystals, individual ore mineral grains.
<u>24.0-100.0</u> 76.0	Basalt - altered, chloritized Cuttings are grayish green, dense, hard, with a porphyritic texture. The ground mass is greenish, apparently consists of volcanic glass. The phenocrysts are represented by almost black short-prism pyroxenes, hornblende, colorless semi-dull quartz, dull plagioclase grains. There occur individual ore mineral grains, also non-indigenous rock fragments. The rock is obviously altered.

**Borehole 13**  
**(elevation 1312 m)**

<u>3.0-12.0</u>	Qal (modern deposits)
9.0	Clay, loam w/ fragments of lava and tuff breccia.
<u>12.0-37.0</u>	Tuff breccia
25.0	Dense, hard. Cuttings are light brown. Extrusive rock fragments and mineral grains (quartz, plagioclase, biotite, and ore minerals) are present. Rock is carbonatized and in some places ochered.
<u>37.0-48.6</u>	Basalt
11.6	Dense, hard. Cuttings are gray and dark gray. Groundmass contains pyroxene and plagioclase phenocrysts.

**Borehole 14**  
**(elevation 1305 m)**

<u>3.0-9.0</u>	Qal (modern deposits)
6.0	Clay, loam w/ clasts, represented by gravel, gruss, lava breccia.
<u>9.0-20.0</u>	Tuff breccia
11.0	Dense, hard. Cuttings are brownish gray. There occur quartz, plagioclase, biotite, volcanic glass, also dark rock fragments. The rock is carbonatized, in some places ochered.
<u>20.0-30.0</u>	Basalt
10.0	Cuttings are gray, dark gray. Dense, hard, with the ground mass containing pyroxene and plagioclase phenocrysts.

**Borehole 15**  
**(elevation 1410 m)**

<u>3.0-64.0</u> 61.0	Dacitic lava breccia Brownish gray, in some places with a greenish tinge, crushed and fractured in certain intervals. Rock and mineral fragments are angular and semi-rounded, cemented by a ground mass consisting most probably of volcanic glass and ash; extrusive rock fragments are 3-5 cm across. Minerals: plagioclase, quartz, biotite, single ore minerals. The rock is carbonatized and chloritized.
<u>64.0-66.5</u> 2.5	Tuff breccia Greenish gray, dense, fractured, carbonatized, chloritized, ochered, consists of rock and mineral fragments and a ground mass; extrusive rock fragments are angular. Minerals: plagioclase, quartz, biotite, chlorite, carbonate.
<u>66.5-68.0</u> 1.5	Tuffaceous sandstone Gray, dark gray, with dense, hard, possibly silicified coal partings carbonatized along the fractures.
<u>68.0-68.4</u> 0.4	Siltstone Greenish light gray, dense, hard, carbonatized.
<u>68.4-69.0</u> 0.6	Tuffaceous sandstone Greenish gray, analogous to interval 64.0-66.5 m.
<u>69.0-73.5</u> 4.5	Tuffaceous sandstone Gray, greenish gray, brecciated, with 1 x 1 cm rock fragments, the fractures, microfractures and pores are carbonatized and chloritized.
<u>73.5-73.8</u> 0.3	Coal - <i>Bed Number 2</i> Black, dense, silicified, with a fibrous texture, crystalline in some places, fractures, microfractures are carbonatized and silicified
<u>73.8-79.0</u> 5.2	Sandstone Gray, dark gray in some places, crushed, fine- to coarse-grained, contains max. 1 cm rock fragments, a 5-7 cm thick coal parting, analogous to that in the interval 73.5-73.8 m. The rock is carbonatized and chloritized.
<u>79.0-98.0</u> 19.0	Siltstone Cuttings are brown. Greenish in some intervals, with rare rock fragments, quartz grains.
<u>98.0-195.0</u> 97.0	Tuff breccia Dense, carbonatized, chloritized. Cuttings are gray. Consists of ground mass, rock fragments, and minerals - quartz, plagioclase, biotite, single ore mineral grains. Extrusive rock fragments are angular, semi-rounded, 4-5 cm across.



**Borehole 16**  
**(elevation 1305 m)**

<u>3.0-11.0</u> 8.0	Tuff breccia Cuttings are grayish yellow, plastic. Crushed, shattered; there occur grains of plagioclases, quartz, biotite scales, hornblende, volcanic glass, also dark extrusive rock fragments.
<u>11.0-23.0</u> 12.0	Tuff breccia Cuttings are gray, by composition analogous to the previous interval. The grain size is smaller. Contains more ferruginized areas than previous interval.
<u>23.0-28.0</u> 5.0	Tuffaceous sandstone Cuttings are bluish gray, representing, most probably, tuffaceous sandstones - carbonatized. Minerals: rounded and semi-rounded grains of plagioclases, quartz, rare plates of biotite, also slightly rounded extrusive rock fragments.
<u>28.0-40.0</u> 12.0	Siltstone Cuttings are brown, in some intervals dark brown, clayey, rare rock fragments. Minerals: plagioclase, quartz.
<u>40.0-67.0</u> 27.0	Tuff breccia Dense, hard. Cuttings are gray. Minerals: plagioclase, quartz, carbonates, also fragments of volcanic glass and ash. The rock is highly carbonatized.
<u>67.0-69.0</u> 2.0	Tuff breccia-tuff conglomerate Greenish gray, dense, hard, consisting of ground mass, rock fragments and minerals - quartz, carbonates, possibly plagioclases. Many minerals are substituted by a secondary chloritic mass. The rock underwent severe tectonic alteration.

**Borehole 17**  
**(elevation 1410 m)**

<u>3.0-103.0</u> 100.0	Dacitic lava breccia Cuttings are light gray with a brown, in some places yellow, tinge, contains fragments of dense, hard rock consisting of mineral grains, rock fragments, mainly lava breccia. Rock fragments: dark, dense, most probably extrusive. Minerals: plagioclase, quartz, biotite, hornblende, some ore mineral grains. The rock is carbonatized, chloritized, in some places ferruginized. Fluid loss at 93 m, apparently due to jointing.
<u>103.0-132.0</u> 29.0	Tuff breccia Bluish gray, dense, hard, consists of rock fragments and minerals apparently cemented by volcanic material. Extrusive rock fragments: angular, semi-rounded, 3-4 cm across. Minerals: dull plagioclase, semi-rounded quartz grains, mica plates, hornblende, and some ore mineral grains. In some intervals the rock is fractured. The fractures and micro fractures are carbonatized and ochered.
<u>132.0-140.7</u> 8.7	Tuffaceous sandstone Gray, crushed, with dark, possibly carbonified rock (coal) partings and fragments. Minerals: quartz, plagioclase. The rock is highly carbonatized.
<u>140.7-141.0</u> 0.3	Coal - <i>Bed Number 1</i> Black, dense, hard, in some places crystalline, fractures are silicified and carbonatized.
<u>141.0-144.0</u> 3.0	Siltstone Greenish gray, fractures are filled with calcite, extrusive rock fragments and slightly rounded quartz grains. The rock is highly carbonatized.
<u>144.0-152.9</u> 8.9	Tuffaceous sandstone Greenish gray, brecciated, carbonatized, containing extrusive rock fragments 5 cm across. The rock fragments are slightly rounded and rounded. Minerals: quartz, plagioclase, biotite. The rock is friable, shattered, fractured by tectonic action. In some intervals the rock is chloritized.
<u>152.9-153.2</u> 0.3	Coal - <i>Bed Number 2</i> Black, represented by hard, possibly silicified fragments, 1-2 cm max, and fusain.
<u>153.2-155.0</u> 1.8	Tuffaceous sandstone Greenish light gray, friable, shattered, carbonatized, with rare thin carbonified rock (coal) partings.

155-159.0

4.0

Siltstone

Chestnut brown, with an admixture of arenaceous material, which in some intervals exceeds 50%, represented by rock fragments and minerals - quartz, plagioclase, individual biotite plates, and ore minerals. The rock fragments and minerals are slightly rounded and angular. The rock is weakly fractured, possibly silicified and ferruginized.

**Borehole 18**  
**(elevation 1165 m)**

<u>3.0-18.2</u>	Dacitic lava breccia
15.2	Brownish gray, dense, hard, consists of ground mass, fragments and mineral grains: plagioclase, quartz, biotite, and ore minerals. The rock is carbonatized, and chloritized to a lesser degree. The ground mass, possibly, consists of volcanic glass and ash. Extrusive rock fragments are 5 cm across.
<u>18.2-20.0</u>	Dacitic lava breccia
1.8	Bluish light gray, hard, fractures are ochered (ferruginized) and carbonatized. The mineral composition is analogous to that described in the previous interval. The rock is more chloritized, carbonatized, and deformed than the previous interval. The ore minerals content is a little higher.
<u>20.0-38.5</u>	Dacitic lava breccia
18.5	Greenish light gray, hard, fractures are ochered, carbonatized, and in some places crushed, in some intervals chloritized. Extrusive rock fragments are 3 cm across (occasionally 7 cm across). Minerals: plagioclase, quartz, biotite, some ore minerals.
<u>38.5-45.2</u>	Andesite
6.7	Dark gray, polycrystalline, fractured, and in some places crushed. Fractures - ochered, carbonatized, chloritized. Minerals: plagioclase, pyroxene, chlorites, carbonates. Looks like an intrusive body (dike-like body).
<u>45.2-60.0</u>	Dacitic lava breccia
4.8	Light gray, hard, in some places fractured, by composition is analogous to the interval 20.0-38.5 m.
<u>60.0-68.5</u>	Dacitic lava breccia
8.5	Analogous to the previous interval, crushed, shattered, having undergone tectonic influence.
<u>68.5-110.7</u>	Tuff breccia
42.2	Grayish blue, fractured, in some intervals shattered, fractures are ochered and carbonatized. Minerals: plagioclase, quartz, rare plates of biotite, hornblende, ore minerals. The ground mass consists of volcanic material. Extrusive rock fragments reach 2 cm across. In some intervals the fragments make 20 percent of the whole mass. The rock is weakly carbonatized and chloritized.

- 110.7-117.0 Tuffaceous sandstone  
6.3 Yellowish gray, medium-grained, with semi-rounded extrusive rock fragments 0.5 cm across. Minerals: biotite, quartz, plagioclase, rare ore mineral grains. The rock is fractured, shattered, fractures are ochered, carbonatized, chloritized, contains rare fragments of dark, almost black rock (possibly carbonified).
- 117.0-118.1 Tuffaceous sandstone  
1.1 Light gray, of medium hardness, with max. 0.5 cm coal lenses, shattered, deformed. At 117.5 m - a 3-4 cm coal lens with fibrous texture. The rock has a little schistose structure, which is a little carbonatized and chloritized.
- 118.1-118.2 Coal - *Number 1 Rider*  
0.1 Shattered, crushed, in some places crystallized, slightly laminated.
- 118.2-121.8 Arenaceous siltstone  
3.6 Greenish gray, fractures are carbonatized and chloritized, with dark gray, possibly carbonified siltstone partings (1-2 cm), and fine-grained sandstone partings (5 cm max.). Bedding plane in the sandstones are dipping at 15°.
- 121.8-123.0 Coal - *Bed Number 1*  
1.2 Black, dense, possibly silicified, in some places crystalline. Contains ore mineral inclusions (pyrite) which are 1-2 cm across; fractures are carbonatized. Small clayey partings.
- 123.0-137.2 Tuffaceous sandstone-tuff conglomerate  
14.2 Bluish gray, brecciated, shattered, intensely chloritized, carbonatized. Fragments: rounded, semi-rounded, 3-4 cm across, many are completely substituted by chloritic mass; separate fragments of dark, possibly carbonified rock (2 cm max.).
- 137.2-138.4 Coal - *Bed Number 2*  
1.2 Black, dense, in some places crystalline, with small sandy-clayey rock partings, in some intervals possibly silicified, fractures are carbonatized. Ore minerals are present. Starting 138.0, thin carbonaceous partings start to appear, grading to carbonaceous shale toward bottom.
- 138.4-141.0 Siltstone  
2.6 Gray, dark gray, friable, fractures are carbonatized, crushed.
- 141.0-144.8 Clayey siltstone  
3.8 Dark gray, analogous to that in the previous interval, but less fractured. In the interval 144.4-144.6 - a clay parting: plastic, gray.



<u>144.8-147.8</u>	Tuffaceous sandstone
3.0	Greenish gray, fine-grained, with inclusions of carbonified rock. Minerals: plagioclase, quartz, rare biotite plates, ore minerals. In some intervals, the rock is weakly chloritized and carbonatized.
<u>147.8-150.5</u>	Tuffaceous siltstone
2.7	Arenaceous, chestnut brown, crushed, fractures are chloritized. Minerals: rare quartz, biotite. In the interval 147.3-147.9 - tuffaceous siltstone: dark gray, by composition analogous to that in the previous interval.
<u>150.5-151.3</u>	Tuffaceous sandstone
0.8	Gray, fine-grained, dense, of medium hardness; contains plagioclase, quartz, biotite. The rock is chloritized in some places.
<u>151.3-159.0</u>	Welded tuff-rhyolitic tuff
7.7	Light green, in some places fractures. Fragments: angular, 1-2 cm across, making 10 percent of the whole mass. The rock is chloritized, occasionally carbonatized. Minerals: quartz, plagioclase, biotite, chlorite, carbonate.

**Borehole 19**  
**(elevation 1120 m)**

<u>3.0-9.0</u> 6.0	Dacitic lava breccia Dense, hard. Cuttings are yellowish gray. Extrusive rock fragments are present. Minerals: quartz, plagioclase, biotite, individual ore mineral grains. Some rock fragments are ochered. Rock as a whole is slightly carbonatized.
<u>9.0-57.0</u> 48.0	Tuff breccia Greenish gray, fractured, crushed, tectonically affected, highly chloritized, carbonatized. Ground mass consists mainly of volcanic glass and ash - chloritized. Rock fragments: angular, rarely slightly rounded, 3-4 cm across, partly chloritized. Minerals: plagioclase, quartz, biotite, ore mineral grains. Chlorite and carbonate are secondary, which fill the fractures and pores, also substitute certain minerals.
<u>57.0-62.1</u> 5.1	Tuff breccia Slightly greenish gray, in some places porous, by composition analogous to that in the previous interval, but less fractured, chloritized and carbonatized.
<u>62.1-64.7</u> 2.6	Andesite Dark gray, dense, hard, fractures are carbonatized, chloritized, possibly silicified, contains plagioclase phenocrysts, pyroxenes, ore mineral grains. The rock as a whole is weakly carbonatized, chloritized, and less silicified.
<u>64.7-129.0</u> 64.3	Tuff breccia Gray, dark gray, until to 68.5 m - with a greenish tinge due to high chloritization of both the ground mass and some rock fragments. The rock is dense, hard, in some intervals fractured; the fractures are filled with carbonates and chlorites. Rock fragments: slightly rounded, angular, reaching 3 cm across, represented by extrusives, partly chloritized, ochered, some are completely substituted by chloritic mass. Minerals: plagioclase, quartz, biotite, possibly hornblende, pyroxene, individual ore mineral grains.
<u>129.0-133.0</u> 4.0	Tuffaceous sandstone Greenish gray, dense. Rock fragments: max. 1 cm across, making less than 15 percent of the whole rock mass. Minerals: quartz, plagioclase, ore minerals. In some intervals the rock is fractured and carbonatized. The rock as a whole is tectonically crushed, weakly carbonatized.
<u>133.0-136.0</u> 3.0	Tuffaceous sandstone Gray, friable, laminated. Individual extrusive rock fragments are ferruginized, max 1 cm across. Minerals: plagioclase, quartz, ore minerals.

<u>136.0-136.8</u> 0.8	Tuffaceous siltstone Greenish dark gray, fractured, shattered, fractures are carbonatized, chloritized.
<u>136.8-142.3</u> 5.5	Tuffaceous sandstone Brecciated, coarse grained, containing rock fragments. Friable, highly schistose, deformed. Rock fragments: semi-rounded, max. 3 cm across, highly chloritized, carbonatized, with visible foliation. Minerals: plagioclase, quartz, rare biotite plates, ore minerals. There occur individual fragments of coal, max. 0.5 cm across.
<u>142.3-142.45</u> 0.15	Coal - <i>Bed Number 1</i> Black, shattered, in some places crystalline, with sandy-clayey impurities.
<u>142.45-145.2</u> 2.75	Siltstone Gray, dark gray, possibly carbonified, fractures are carbonatized.
<u>145.2-150.6</u> 5.4	Siltstone Greenish light gray, in some places broken, shattered, carbonatized, possibly chloritized.
<u>150.6-151.9</u> 1.3	Rhyolite (most likely replaced <i>Coal Bed Number 2</i> ) An extrusive rock with a porphyritic texture, light gray, dense, hard; ground mass - volcanic glass containing quartz, plagioclase grains.
<u>151.9-152.05</u> 0.15	Tuffaceous sandstone Dark gray, almost black, possibly carbonified, with semi-rounded extrusive rock fragments, broken, shattered, with a visible foliation. Minerals: plagioclase, quartz, ore minerals.
<u>152.05-152.4</u> 0.35	Siltstone Greenish gray, carbonatized, possibly chloritized.
<u>152.4-154.1</u> 1.7	Siltstone Chestnut brown, in some places with a greenish tinge due to chloritization developed in the ground mass as well as in micro fractures, fractures and pores. Contains individual crystals of quartz, biotite plates.
<u>154.1-154.5</u> 0.4	Tuffaceous sandstone Greenish gray, hard, dense, possibly silicified, also carbonatized, chloritized.
<u>154.5-158.5</u> 4.0	Siltstone Brown, analogous to interval 152.4-154.1 m.
<u>158.5-160.5</u> 2.0	Rhyolitic welded tuff Pinkish gray, possibly hydrothermally altered. Ground mass possibly consists of volcanic glass, partly microcrystalline aggregates. Contains rare quartz phenocrysts, plagioclase, biotite, ore minerals, also extrusive rock fragments.

<u>160.5-162.0</u>	Rhyolitic tuff breccia
1.5	Greenish, dense, with extrusive rock fragments, chloritized, less carbonatized.

**Borehole 20**  
**(elevation 1157)**

<u>3.0-39.0</u> 36.0	Dacitic lava breccia Brownish gray, hard, dense, fractures are ochered, in some intervals chloritized. The ground mass, most probably, consists of a mixture of volcanic glass and ash undergoing ferruginization and chloritization. Extrusive rock fragments: angular, semi-rounded, 2-3 cm across, some - 5 cm across, many are ochered and chloritized, make up to 20 percent of the whole mass. Minerals: plagioclase, quartz, biotite, single mineral grains. The rock is carbonatized as a whole.
<u>39.0-40.0</u> 1.0	Dacitic lava breccia Gray, dense, hard, rare fractures are ochered. Extrusive rock fragments are cemented by a volcanic glass and ash cement - carbonatized and ochered along the fractures. Rock fragments: dark, 1 cm across, making 10 percent of the whole mass, some are chloritized. Minerals: plagioclase, quartz, hornblende, biotite, and single ore mineral grains; small amounts of chlorite and carbonate. The rock is carbonatized as a whole.
<u>40.0-44.0</u> 4.0	Dacitic lava breccia Brownish gray, analogous to interval 17.0-39.0 m, with a stronger degree of chloritization (along the fractures, in the ground mass, rock fragments), ferruginized.
<u>44.0-45.0</u> 1.0	Dacitic lava breccia Analogous to interval 39.0-40.0 m.
<u>45.0-57.0</u> 12.0	Dacitic lava breccia Brownish gray, analogous to interval 40.0-44.0 m.
<u>57.0-59.5</u> 2.5	Dacitic lava breccia Brownish gray, analogous to interval 44.0-45.0 m.
<u>59.5-62.5</u> 3.5	Dacitic lava breccia Brownish gray, analogous to interval 45.0-57.0 m.
<u>62.5-105.0</u> 42.5	Tuff breccia Gray with a bluish or greenish tinge in some places, dense, hard, fine-grained. Rock fragments and minerals are cemented by a ground mass consisting, most probably, of a mixture of volcanic glass and ash having undergone partial chloritization, silicification, and carbonatization. Extrusive rock fragments: semi-rounded, 1-2 cm across, making in some intervals 10 percent of the whole mass, some are ferruginized and chloritized. Minerals: plagioclase, quartz, hornblende, biotite, sericite, single ore mineral grains, chlorite, carbonate

<u>105.0-107.7</u>	Tuffaceous sandstone
2.7	Greenish light gray, medium-grained, with single semi-rounded 1 x 1 cm rock fragments. Starting from 106.2 - 0.3 x 0.3 cm coal chunks and partings.
<u>107.7-108.1</u>	Coal - <i>Bed Number 1 Rider</i>
0.4	Black, in some places brown, crushed, ochered, possibly silicified, in some places crystallized, containing single ore mineral grains
<u>108.1-109.0</u>	Tuffaceous sandstone
0.9	Light gray, porous, with weakly stratified (oriented) grains. Minerals: rounded clear quartz grains, plagioclase, biotite, rare ore mineral grains and dark extrusive rock fragments. Ground mass: possibly consists of a mixture of volcanic glass and ash.
<u>109.0-109.2</u>	Sandstone
0.2	Gray, fine-grained, dense, hard, with a black crystalline coal parting (0.3 cm)
<u>109.2-111.0</u>	Siltstone
1.8	Greenish gray, crushed, broken, chloritized; interval 110.2-110.4 m - sandstone: greenish gray, crushed, intensely chloritized, coarse-grained
<u>111.0-113.2</u>	Arenaceous sandstone
2.2	Dark gray, possibly carbonified, in some places - chloritized; interval 112.8 m - black coal partings, 7 - 8 cm thick, in some places crystalline, pyritized. The rock as a whole and fractures are carbonatized
<u>113.2-114.6</u>	Coal - <i>Bed Number 1</i>
1.4	Black, some partings - crystalline, stratified, ochered (ferruginized) in some places, pyrite chunks and phenocrysts. The rock is crushed, weakly carbonatized.
<u>114.6-126.1</u>	Tuffaceous sandstone
11.5	Coarse-grained, brecciated, bluish to greenish gray, friable, deformed, intensely chloritized, carbonatized.
<u>126.1-126.2</u>	Coal - <i>Bed Number 2 Rider</i>
0.1	Black, dense, hard, possibly silicified, in some places laminated, with a fibrous texture, carbonatized.



<u>126.2-133.6</u>	Tuffaceous sandstone
7.4	Brecciated, coarse-grained, greenish gray, of medium hardness, in some places - broken and crushed. Rock fragments: 3-4 cm across, intensely chloritized, carbonatized, some are entirely substituted by chloritic mass. Minerals: plagioclase, rare quartz crystals and mineral grains, possibly hornblende. Rare grains and chunks of coal or carbonaceous material. Ground mass: intensely chloritized, carbonatized, the carbonates filling the fractures, microfractures and pores.
<u>133.6-134.7</u>	Coal - <i>Bed Number 2</i>
1.1	Black, dense, possibly silicified, in some places crystalline.
<u>134.7-136.0</u>	Tuffaceous siltstone
1.3	Gray, medium hardness. Rock fragments 2 cm max., rounded, semi-rounded. The rock is intensely chloritized, carbonatized (both the ground mass and rock fragments and minerals), broken and crushed. The fragments are laminated.
<u>136.0-140.0</u>	Silty carbonaceous shale
4.0	Dark gray, interbedded with gray siltstone. The bedding plane shows a dip of 12-15°. In some places are carbonatized. There is single coal parting (1 cm).
<u>140.0-144.0</u>	Siltstone
4.0	Gray, in some places dark gray, possibly carbonified, in some intervals broken and crushed, carbonatized, individual single carb. shale partings (1 cm).
<u>144.0-150.0</u>	Siltstone
6.0	Light gray, possibly calcareous, with medium-grained sandstone partings. In some places the rock is broken, fractured. Carbonified partings (5 cm).
<u>150.0-153.0</u>	Tuff breccia, tuff conglomerate
3.0	Greenish gray, dense, hard, with extrusive rock fragments reaching 8 cm across. Fragments: semi-rounded and rounded, intensely chloritized. The rock as a whole is carbonatized and chloritized.
<u>153.0-155.4</u>	Siltstone
2.4	Chestnut brown, stratified, contains rounded quartz grains, biotite. The rock is intensely carbonatized, chloritized along fractures and microfractures as well as in the pores.
<u>155.4-159.0</u>	Welded tuff, rhyolitic tuff
3.6	Light gray, in some places with a greenish tinge, porous, contains rock fragments (2 cm). Minerals: plagioclase, quartz, biotite, ore mineral grains. The rock is carbonatized and chloritized.

**Borehole 21**  
**(elevation 1235)**

<u>3.0-24.2</u> 21.2	Dacitic lava breccia Grayish brown, hard, dense, fractured, fractures are ochered. Rock and mineral fragments are most probably cemented by a mixture of volcanic glass and ash, which are partly ochered and carbonatized. Extrusive rock fragments are 2-3 cm across, some are 7 cm across, angular, some are semi-rounded. The majority of the rock fragments are ochered and partially altered. Minerals: light dull plagioclase, semi-dull quartz, biotite, possibly hornblende, carbonates, chlorites, and individual ore mineral grains. The rock as a whole is carbonatized.
<u>24.2-25.2</u> 1.0	Dacitic lava breccia Gray, dense, hard, rare fractures are ochered. Extrusive rock fragments: dark, reaching 1 cm across, making 10 percent of the whole mass, some fragments are chloritized. Minerals: plagioclase, quartz, biotite, hornblende, ore minerals; small amounts of chlorites, carbonates, iron hydroxides. The rock as a whole is carbonatized.
<u>25.2-71.5</u> 46.3	Dacitic lava breccia By composition is analogous to interval 16.0-24.2 m.
<u>71.5-105.0</u> 33.5	Tuff breccia Gray, bluish gray, dense, fine-grained, fractures are ochered. Cement: volcanic glass plus ash. Rock fragments: angular, semi-rounded, reaching 1 cm across. Minerals: plagioclase, quartz, hornblende, biotite, rare ore mineral grains, carbonate. Starting from 104.5 m - coal inclusions (0.5 cm max.). In the interval 104.95-105 m - a coal parting: dark, almost black, fractures are carbonatized. The rocks enclosing the coal underwent strong tectonic influence, evidence of intensive carbonatization, chloritization, and possibly presence of talc (the rock feels fatty on touch).
<u>105.0-106.4</u> 1.4	Siltstone Gray, dark gray, carbonatized, with gray fine-grained sandstone intercalations (20 cm max.)
<u>106.4-109.3</u> 2.9	Sandstone Greenish gray, medium-grained, crushed, carbonatized, intensely chloritized. 10 cm partings of siltstones observed in the interval 105.0-106.4 m.
<u>109.3-109.7</u> 0.4	Siltstone arenaceous Dark gray, possibly carbonified, with a 5 cm thick black coal parting, also rare inclusions of, probably, coal.

<u>109.7-111.0</u>	Coal - <i>Bed Number 1</i>
1.3	Black, in some places silicified, and crushed. Thin carbonaceous siltstone partings are present starting at 110.4 m towards base.
<u>111.0-115.8</u>	Tuffaceous sandstone
4.8	Brecciated, medium-grained, bluish gray, with rock fragments 3 cm across, chloritized, carbonatized, and, probably, affected by tectonics.
<u>115.8-120.7</u>	Welded tuff, rhyolitic tuff
4.9	Light gray, dense, hard. Ground mass: volcanic glass with quartz and plagioclase phenocrysts. The rock is shattered, with chloritized and carbonatized pores and fractures. Starting from 117.0 m - more dark rock fragments, in some places making 10 percent of the whole mass.
<u>120.7-132.0</u>	Tuffaceous sandstone
11.3	Greenish gray, coarse-grained, dense, reaching 1 cm across. Fragments: slightly rounded, angular. Starting from the interval 126.0 m the rock is shattered, intensely chloritized, carbonatized, the rock fragments reaching 5-8 cm across.

(Stopped drilling before encountering Bed Number 2)

**Borehole 22**  
**(elevation 1172 m)**

<u>0.0-18.0</u> 18.0	Large clasts (gravel, boulders) of rocks having different composition - tuff breccia, lava breccia, andesites, andesitic basalts, which are cemented by a sandy-clayey material. Most of the fragments are highly ochered, chloritized, carbonatized.
<u>18.0-24.0</u> 6.0	Dacitic lava breccia Yellowish gray, crushed, shattered, represented mainly by gravel; the fragments are highly ochered, chloritized.

**Borehole 23**  
**(elevation 1240 m)**

<u>0.0-11.0</u> 11.0	Boulders, gravel of rocks of different composition (andesites, basalts, tuff breccia, lava breccia, etc.). The rock fragments are highly ochered, chloritized, carbonatized.
<u>11.0-30.0</u> 19.0	Gravel, boulders of brownish gray rhyodacitic lava breccia; the fragments are highly ochered, carbonatized, chloritized.

**Borehole 24**  
**(elevation 1301)**

<u>3.0-54.0</u>	Rhyodacitic lava breccia
51.0	Brownish gray, dense, hard, in some places fractured, in some intervals crushed, fractures are ochered. The rock as a whole is carbonatized, consists of fragments of rock and minerals, cemented by volcanic material (ash, glass). Extrusive rock fragments are 3 cm across (some are 5-6 cm across), making 20 percent of the whole mass, most are angular, and rarely semi-rounded. Minerals: dull plagioclase, semi-dull quartz, biotite, hornblende, separate ore mineral grains.
<u>54.0-55.7</u>	Rhyodacitic lava breccia
2.7	Bluish gray, by microscopic composition analogous to the previous interval. Dark extrusive rock fragments: 1 cm across, making approximately 10 percent of the whole mass. The rock is carbonatized.
<u>55.7-64.0</u>	Rhyodacitic lava breccia
8.3	Grayish brown, analogous to the interval 18.0-54.0 m.
<u>64.0-81.0</u>	Tuff breccia
17.0	Bluish gray, in some places fractures are ochered and carbonatized. Cement consists of volcanic glass and ash; rock fragments: angular, most are 1 cm across, some - 3 cm. Minerals: plagioclase, quartz, biotite, hornblende, ore minerals, carbonates, iron hydroxides. As a whole, the rock is carbonatized.
<u>81.0-90.6</u>	Tuffaceous sandstone
9.6	Greenish gray, dense, fine-grained, fractures are ochered, contains up to 5 percent rock fragments. Minerals: quartz, plagioclase, biotite. At 89.80 m - 3 cm thick coal partings. Contains separate ore mineral (pyrite) inclusions and phenocrysts, small coarse-grained tuffaceous sandstone and gritstone partings.
<u>90.6-91.1</u>	Silty carbonaceous shale
0.5	Dark gray, almost black, crushed, with partly crystalline coal partings. The rock is carbonatized.
<u>91.1-93.0</u>	Arenaceous siltstone
1.9	Gray, fractures are carbonatized, intensely chloritized. In the interval 92.4-92.55 m - a coarse-grained sandstone parting, which is intensely chloritized.
<u>93.0-97.1</u>	Tuffaceous sandstone
4.1	Gray, greenish light gray until 93.3 m, fine-grained, with carbonatized and intensely chloritized fractures. In the interval 94.5-94.6 m - a coarse-grained sandstone parting - greenish gray, with a laminations, carbonatized, chloritized.

<u>97.1-99.0</u>	Coal - <i>Bed Number 1</i>
1.9	Black, fractured, silicified with rare 3 cm thick partings of gray siltstone. Pyrite is present. A sandy clay rock parting is present in the interval 97.4 - 97.5 m.
<u>99.0-102.0</u>	Tuffaceous sandstone
3.0	Greenish light gray, fine-grained, with medium-grained and coarse-grained sandstone partings. The rock is fractured, carbonatized, with a weakly expressed laminarity.
<u>102-118.0</u>	Tuffaceous sandstone
16.0	Light gray, dense, hard, with rock fragments 1 x 1 cm by size, fractures are carbonatized.

(Stopped drilling before encountering Bed Number 2)



**Borehole 25**  
**(elevation 1045 m)**

<u>3.0-8.0</u> 5.0	Modern deposits, represented by fragments (boulders, gravel) of lava breccia, tuff breccia, sands.
<u>8.0-12.0</u> 4.0	Sandstone Yellowish gray, fine-grained. Cuttings are represented by dense, hard rocks. The rock is carbonatized and ochered, consists of mineral debris and rock fragments.
<u>12.0-16.0</u> 4.0	Tuffaceous siltstone Chestnut brown, with rare extrusive rock fragments. The rock is carbonatized, possibly in some places chloritized.
<u>16.0-44.0</u> 28.0	Rhyolitic tuff, welded tuff Pale green, with dark rock fragments. The rock is slightly chloritized and carbonatized.
<u>44.0-56.0</u> 12.0	Tuffaceous siltstone Dark brown, contains extrusive rock fragments. The rock is carbonatized and chloritized.
<u>56.0-65.0</u> 9.0	Tuff breccia Dense, hard, light gray, with dark rock fragments. Minerals: plagioclase, quartz, rarely biotite. Dark extrusive rock fragments are also present.
<u>65.0-189.0</u> 124.0	Tuff breccia Dense, hard, greenish gray. The extrusive rock fragments are angular, 2-3 cm across. Minerals: quartz, plagioclase, rarely - biotite, possibly hornblende. Volcanic glass is also present, which probably is a groundmass constituent. The rock is carbonatized, in some intervals chloritized.

**Borehole 26**  
**(elevation 1103 m)**

<u>3.0-29.7</u> 26.7	Dacitic lava breccia Gray with a yellowish, brownish tinge; in some intervals crushed, fractures are intensely ferruginized, consists of fragments of rocks and minerals, cemented by volcanic ash and glass. Extrusive rock fragments: angular, 1 cm across, in some intervals making 10 percent of the whole mass. Minerals: plagioclase, quartz, biotite, iron hydroxides, carbonates, chlorites. The rock as a whole underwent strong tectonic reworking.
<u>29.7-40.5</u> 10.8	Tuffaceous sandstone Bluish gray, friable, fractures are ochered (ferruginized). The rock is carbonatized, chloritized, and in some intervals crushed; contains single dark rock fragments 1 cm across. Minerals: semi-rounded quartz grains, plagioclase, biotite. Starting from 39.0 m the grains are larger, and the rock is darker.
<u>40.5-40.55</u> 0.05	Coal - <i>Bed Number 1 Rider</i> Black, dense, fractures are ochered.
<u>40.55-43.1</u> 2.55	Arenaceous siltstone Greenish gray (chloritization), in some places dark gray, possibly carbonified, laminated.
<u>43.1-44.9</u> 1.8	Coal - <i>Bed Number 1</i> Brown, brown-black, fractured, in some places shattered and silicified; fractures are carbonatized. Schistose. Pyrite grains.
<u>44.9-59.2</u> 14.3	Tuffaceous sandstone Brecciated, friable, bluish gray, deformed, schistose, shattered. Rock fragments: 1 cm across, many are partly or completely substituted by chloritic mass. The rock as a whole is intensely chloritized and carbonatized. Contains rare grains of plagioclases, quartz, biotite.
<u>59.2-60.4</u> 1.2	Coal - <i>Bed Number 2</i> Black, crushed, in some places silicified, crystalline; fractures are carbonatized.
<u>60.4-64.8</u> 0.4	Siltstone Dark gray, possibly carbonified, laminated, with an apparent dip of about 15°; contains light gray, fine-grained sandstone partings.
<u>64.8-67.2</u> 2.4	Siltstone Gray, at 65.3 m - a brown coal parting, 3 cm thick: dense, possibly silicified, fractures are carbonatized.

- 67.2-72.1 Arenaceous siltstone  
4.9 Brownish gray, fractures and microfractures are carbonatized, in some places chloritized; rounded quartz grains, plagioclases, biotite.
- 72.1-78.0 Welded tuff-rhyolitic tuff  
5.9 Light gray, fractured, in some places chloritized; rock fragments: dark gray, angular, 1 cm across, some are partly substituted by chloritic mass.

**Borehole 27**  
**(elevation 1103 m)**

<u>3.0-30.5</u> 27.5	Tuff breccia Bluish gray, dense, hard, fractured in separate intervals, carbonatized. The ground mass contains dark extrusive rock fragments and mineral grains. Fragments: dark, dense, angular, most are 1 cm across, some are 3 cm across, makes 5-10 percent of the whole mass. Many fragments are ochered. Minerals: plagioclase, quartz, biotite, carbonate.
<u>30.5-30.55</u> 0.05	Coal Black, dense, possibly silicified, along fractures and microfractures carbonatized.
<u>30.55-32.2</u> 1.65	Tuffaceous siltstone Until 32.4 m - whitish gray, after - gray, dense, hard, fine-grained.
<u>32.2-32.4</u> 0.2	Clay shale Greenish gray, in some places dark gray, possibly carbonified, carbonatized.
<u>32.4-32.5</u> 0.1	Coal Black, crushed, possibly silicified.
<u>32.5-33.0</u> 0.5	Clay shale Greenish gray, analogous to interval 32.2-32.4 m.
<u>33.0-35.0</u> 2.0	Tuffaceous sandstone Strongly altered, brecciated, fractured, crushed, intensely chloritized, carbonatized.
<u>35.0-38.8</u> 3.8	Tuffaceous sandstone Greenish gray, fractured, in some intervals crushed, schistose. Dark extrusive rock fragments are 0.5 cm across. Along the fractures the rock is carbonatized, but as a whole intensely chloritized.
<u>38.8-40.5</u> 1.7	Tuffaceous sandstone Light gray, dense, hard, fine-grained.
<u>40.5-42.4</u> 1.9	Andesite Dark gray with a greenish tinge, with pyroxene phenocrysts, fractured, carbonatized and chloritized along the fractures. Carbonate and chlorite veins are 0.5 cm.
<u>42.4-43.5</u> 1.1	Tuffaceous sandstone Greenish gray, medium-grained, in some intervals crushed, strongly chloritized, containing individual rock fragments.

<u>43.5-43.6</u>	Siltstone
0.1	Chestnut brown, with coal partings (0.3 cm).
<u>43.6-44.4</u>	Tuffaceous siltstone
0.8	Gray, dense, hard, fractures are carbonatized, in some places intensely chloritized.
<u>44.4-45.1</u>	Tuffaceous sandstone
0.7	Dark gray, in some places greenish gray, carbonatized, chloritized; in the interval 44.5-44.55 - a coal parting: dense, hard, with a visible bedding angle of 15-18°, weakly ochered, carbonatized.
<u>45.1-47.35</u>	Tuffaceous sandstone
2.25	Light gray, fine-grained, dense, in some places greenish due to chloritization.
<u>47.35-47.45</u>	Coal
0.1	Black, dense, hard, silicified, fractures are carbonatized.
<u>47.45-48.0</u>	Andesite
0.55	Greenish gray, dense, fractures are carbonatized, chloritized, with pyroxene phenocrysts.
<u>48.0-63.9</u>	Tuffaceous sandstone
15.9	Brecciated, crushed, intensely chloritized, carbonatized.
<u>63.9-64.7</u>	Coal - <i>Bed Number 2</i>
0.8	Black, crushed, in some places silicified, fractures are carbonatized, with small sandy-clayey rock partings.
<u>64.7-66.0</u>	Arenaceous siltstone
1.3	Gray, in some places dark gray, possibly carbonified, in some intervals has a greenish tinge, fractures are carbonatized and chloritized.
<u>66.0-72.5</u>	Siltstone
6.5	Chestnut brown, in some places dense, fractures are chloritized, carbonatized.
<u>72.5-90.0</u>	Welded tuff - rhyolitic and rhyodacitic tuffs
17.5	Light gray with a greenish tinge; fragments: angular, 3 cm across.

**Borehole 28**  
**(1148 m)**

<u>3.0-10.0</u>	Tuff breccia
7.0	Cuttings are bluish gray; fragments of hard dense rock. Minerals include quartz, plagioclase, biotite, individual fragments of ore minerals.
<u>10.0-44.5</u>	Rhyodacitic lava breccia
34.5	Gray with a chestnut brown tint; hard, dense, in some places fractured, ochered, fracture surfaces are chloritized and carbonatized; in the ground mass occur dark rock fragments and minerals; extrusive rock fragments are angular, 10 cm across. Minerals: quartz, biotite, plagioclase.
<u>44.5-48.0</u>	Rhyodacitic lava breccia
3.5	Bluish gray with the same mineral composition as above.
<u>48.0-50.8</u>	Rhyodacitic lava breccia
2.8	Brownish gray, analogous to interval 12.0-44.5 m.
<u>50.8-51.5</u>	Bluish gray lava breccia
0.7	Analogous to interval 44.5-48.0 m.
<u>51.5-54.0</u>	Brownish gray lava breccia
2.5	Analogous to interval 12.0-44.5 m.
<u>54.0-58.8</u>	Bluish gray lava breccia
4.8	analogous to interval 44.5-48.0 m.
<u>58.8-59.4</u>	Brownish gray lava breccia
0.6	Analogous to interval 12.0-44.5 m.
<u>59.4-60.0</u>	Bluish gray lava breccia
0.6	Analogous to interval 44.5-48.0 m.
<u>60.0-62.8</u>	Brownish gray lava breccia
2.8	Analogous to interval 12.0-44.5 until the interval 61.5, then fractured, ochered.
<u>62.8-66.4</u>	Bluish gray lava breccia
3.6	Analogous to interval 44.5-48.0 m.
<u>66.4-68.2</u>	Brownish gray lava breccia
1.8	Analogous to interval 12.0-44.5 m.
<u>68.2-75.2</u>	Bluish gray lava breccia
7.0	Analogous to interval 44.5-48.0 m.

<u>75.2-99.0</u>	Tuff breccia
23.8	Greenish gray, dense, hard, in some places fractured, carbonatized along the fractures; the ground mass contains rock fragments and minerals. Extrusive rock fragments are dense, hard, angular, 2 cm across, some are ferruginized, chloritized. Minerals: quartz, plagioclase, biotite, single ore mineral grains, carbonates, chlorite.
<u>99-106.2</u>	Tuffaceous sandstone
7.2	Gray, light gray, dense, hard, with angular, semi-rounded rock fragments max. 0.5 cm across, making max. 5 percent of the whole mass. Minerals: quartz, biotite, plagioclase, along fractures is carbonate.
<u>106.2-112.2</u>	Tuffaceous sandstone
6.0	Greenish gray, in some places friable, crushed, fractured, along fractures it is carbonatized and chloritized.
<u>112.2-114.0</u>	Tuffaceous sandstone
1.8	Gray, in some places with a greenish tint, dense, hard, containing extrusive rock fragments - angular, sometimes semi-rounded, making max 5 percent of the whole mass.
<u>114.0-116.8</u>	Tuffaceous siltstone
2.8	Gray, in some places dark gray, fractured, slightly carbonatized.
<u>116.8-117.2</u>	Tuffaceous sandstone
0.4	Light gray, fine-grained, dense, hard, with rare coal inclusions and thin (max 0.3 cm) partings.
<u>117.2-118.5</u>	Coal - <i>Bed Number 1</i>
1.3	Black, in some places crystallized, silicified, along fractures carbonatized, containing gray, dense, hard and fine-grained sandstone partings.
<u>118.5-119.8</u>	Tuffaceous sandstone
1.3	Light gray, dense, with thin coal partings, slightly striated at 12-15°.
<u>119.8-136.3</u>	Tuffaceous sandstone - tuff conglomerate
16.5	Brecciated, crushed, intensely carbonatized, chloritized, containing rock fragments - rounded, partly substituted by chloritic mass.
<u>136.3-137.6</u>	Coal - <i>Bed Number 2</i>
1.3	Partly silicified, fractured, slightly carbonatized.
<u>137.6-147.0</u>	Siltstone
9.4	Gray, with dark gray siltstone partings, possibly with coal partings.
<u>147.0-149.8</u>	Clay shale
2.8	Light gray, crushed, in some places ochered, slightly striated at 15-18°.

<u>149.8-151.0</u>	Tuffaceous sandstone
1.2	Light gray, dense, hard.
<u>151.0-156.0</u>	Siltstone
5.0	Chestnut brown, in some places the fractures are chloritized and carbonatized.



**Borehole 29**  
**(elevation 1110 m)**

<u>3.0-18.7</u> 15.7	Modern deposits: sand, loam with rhyodacitic lava breccia fragments (gravel, boulders) - yellowish gray, gray, including angular basic extrusive rock fragments.
<u>18.7-20.5</u> 1.8	Siltstone Dark gray, in some places greenish gray, crushed, ochered. The rock as a whole is carbonatized, ochered.
<u>20.5-22.2</u> 1.7	Tuffaceous sandstone Greenish light gray, fractures are chloritized and carbonatized.
<u>22.2-22.6</u> 0.4	Coal - <i>Number 1 Rider</i>
<u>22.6-24.0</u> 1.4	Siltstone Dark gray, fractures are carbonatized and chloritized.
<u>24.0-27.0</u> 3.0	Tuffaceous sandstone Brecciated, medium-grained, greenish gray.
<u>27.0-28.8</u> 1.8	Tuffaceous sandstone Gray, dense, hard, fine-grained, fractures are carbonatized.
<u>28.8-30.2</u> 1.4	Coal - <i>Bed Number 1</i>
<u>30.2-31.0</u> 0.8	Tuff conglomerate Greenish gray, extrusive rock fragments are 10 cm across.
<u>31.0-36.5</u> 5.5	Siltstone Gray, in some places greenish gray, fractured, carbonatized, chloritized.
<u>36.5-45.0</u> 8.5	Tuffaceous sandstone Gray, dense, hard, fractures are ochered, carbonatized. In some places the rock is greenish gray, possibly due to chloritization. There are occurrences of single rock fragments.

(Bed Number 2 found in trench.)

**Borehole 30**  
**(elevation 1055 m)**

<u>3.0-21.5</u> 18.5	Rhyodacitic lava breccia Bluish gray, in some intervals (20 cm thick) chestnut brownish gray, dense, hard, fractured, along fractures is ochered, carbonatized. Rock fragments are cemented by volcanic glass and ash. Rock fragments are angular, max. 3 cm across, represented by basic, intermediate extrusive rocks. The edges of some fragments are ferruginized, chloritized. Minerals: quartz, plagioclase, biotite, single ore mineral grains.
<u>21.5-64.4</u> 42.9	Basalt Dark gray, almost black, dense, hard, fractured, along the fractures is carbonatized, in some places ochered, chloritized. Pyroxene phenocrysts stand out in the groundmass. This rock most likely represents a sill.
<u>64.4-93.9</u> 29.5	Tuffaceous sandstone Light gray, fine-grained, dense, hard, with rare rock fragments reaching 0.5 cm across. Minerals: quartz, biotite. Single dark, black rock fragments with fibrous texture, most likely silicified coal - dense, hard, 1 x 1 cm in size.
<u>93.9-94.5</u> 0.6	Tuffaceous sandstone Gray, medium-grained, dense, of medium hardness, by composition analogous to the previous interval. The rock is carbonatized, less chloritized.
<u>94.5-96.1</u> 1.6	Siltstone Dark gray, carbonatized, in some intervals crushed.
<u>96.1-97.4</u> 1.3	Conglomerate (tuff conglomerate) Clasts are 1 x 1 cm in size, rounded, represented mainly by extrusive rocks cemented by a sandy mass. Many clasts are partly, sometimes completely, substituted by chloritic material. The rock is carbonatized.
<u>97.4-99.2</u> 1.8	Clay shale Gray, in some places dark gray, fractured, along fractures carbonatized, with max. 20 cm thick conglomerate and sandstone partings.
<u>99.2-106.6</u> 7.4	Siltstone Brown, in some places greenish gray, with 20 cm thick coarse-grained gray sandstone partings. The rock is fractured, along fractures chloritized, carbonatized.

- 106.6-109.7 Tuff breccia-Tuff conglomerate  
 3.1 Rock fragments are semi rounded, poorly rounded, rarely angular, 2 cm across, some are 7 to 8 cm across. The rock is carbonatized. Many fragments are partly, some completely, substituted by chloritic material. Down to 106.5 m the rock is pinkish gray, then greenish gray.
- 109.7-110.4 Tuffaceous sandstone  
 0.7 Gray, with rare fragments of extrusive rocks, 0.5 x 0.5 cm in size, some are 3 x 3 cm. Dark gray extrusive rock fragments. Minerals: quartz, biotite.
- 110.4-111.0 Tuff conglomerate  
 0.6 Multi-colored, different rock fragments, partly chloritized, carbonatized.
- 111.0-123.0 Tuffaceous sandstone  
 12.0 Gray, in some intervals greenish gray, dense, hard, in some places fractured, along fractures carbonatized, chloritized, in some places highly ferruginized. Minerals: quartz, biotite.

(Coal probably replaced by dikes.)

**Borehole 31**  
**(elevation 1040 m)**

<u>3.0-20.8</u> 17.8	Tuff, Rhyolitic welded tuff Yellowish gray, in some intervals bluish gray, dense, hard, fractured, along fractures highly ochered, carbonatized. Rock fragments and mineral grains are cemented by a volcanic material (glass, ash). Extrusive rock fragments: angular, max. 2 cm across. Minerals: plagioclase, quartz, biotite.
<u>20.8-21.3</u> 0.5	Tuffaceous sandstone Bluish gray, dense, of medium hardness, with 1 x 1 cm rock fragments; there are some inclusions of coal (0.5 cm x 0.5 cm). Along the fractures the rock is carbonatized, in some places chloritized.
<u>21.3-22.5</u> 1.2	Coal - <i>Bed Number 2</i> Black, weathered, fractured, crushed, fractures ochered, with some dense, hard possibly silicified inclusions.
<u>22.5-23.7</u> 1.2	Tuffaceous sandstone Bluish gray, medium grained, crushed, fractured, along the fractures highly ochered, carbonatized; extrusive rock fragments are 1 cm across.
<u>23.7-42.0</u> 18.3	Tuffaceous sandstone Pinkish gray, dense, hard, fractured, in some intervals crushed, highly ochered.
<u>42.0-51.0</u> 9.0	Andesite Bluish gray, dense, hard, in some intervals fractured, along the fractures ochered, carbonatized. The groundmass includes pyroxene phenocrysts, plagioclase.

**Borehole 32**  
**(elevation 970 m)**

<u>3.0-27.0</u> 24.0	Modern deposits (sand, loam with lava breccia boulders and gravel).
<u>27.0-32.5</u> 5.5	Tuff breccia Brownish gray, dense, hard, with rock fragments max. 1 x 1 cm in size. Minerals: quartz, plagioclase, biotite. The rock is fractured, along the fractures carbonatized, ochered.
<u>32.5-36.4</u> 3.9	Siltstone Greenish gray, crushed, fractured, along the fractures weakly carbonatized; rare quartz grains.
<u>36.4-40.5</u> 4.1	Siltstone Chestnut brown, crushed, fractured, along the fractures is carbonatized.
<u>40.5-45.4</u> 4.9	Tuffaceous sandstone Gray, brecciated, crushed, carbonatized, containing rock fragments which are partly substituted by carbonate.
<u>45.4-49.3</u> 3.9	Tuffaceous sandstone Light gray, dense, hard, with 2 x 2 cm extrusive rock fragments.
<u>49.3-50.5</u> 1.2	Coal - Bed Number 1 Black, in some places dense, possibly silicified, carbonatized; some fragments have a weakly expressed fibrous texture.
<u>50.5-55.5</u> 5.0	Siltstone Gray, in some places dense, with partings of sandstone of different grain size (fine- to coarse-grained). The rock is crushed, fractured, carbonatized, chloritized.
<u>55.5-56.5</u> 1.0	Rhyolitic tuff Brownish light gray, dense, hard, fractured, along the fractures is ochered, some intervals are carbonatized.

## **Appendix B**

**Borehole Descriptions, in Russian, from the  
Antaramut-Kurtan-Dzoragukh Coal Field**

Скважина 1 (1497)

<u>0,0-6,0</u> 6,0	Андезиты темно-серые, серые, местами с зеленоватым оттенком. В основной массе наблюдаются фенокристаллы плагиоклазов, пироксенов. Порода карбонатизирована, местами хлоритизирована.
<u>6,0-9,0</u> 3,0	Туфопесчаники серовато-коричневые, коричневые, мелко- и среднезернистые. Обломки пород и минералов окатанные и полуокатанные, реже угловатые. Размеры, в основном, не превышают 1см в поперечнике.
<u>9,0-19,0</u> 10,0	Андезиты темно-серые, аналогичные интервалу 0,0-6,0.
<u>19,0-150,0</u> 131,0	<p>Андезиты, андезито-базальты темно-серые. Шлам представлен обломками плотной твердой породы. В единичных крупных обломках шлама наблюдаются кристаллы пироксенов, амфиболов, а также бесформенные образования карбонатов. Обломки основной массы представлены темно-серым вулканическим стеклом.</p> <p>На отдельных интервалах наблюдаются прослойки (мощностью до 1,5-2м) туфопесчаников серых с желтоватым оттенком, в составе которых наблюдаются обломки вулканического стекла, полевых шпатов, реже пироксенов, амфиболов, слюд и кварца.</p>

Скважина 2 (1512)

<u>0,0-101,0</u> 101,0	Туфобрекчии зеленовато-серые, местами синевато-зеленые, плотные. Шлам представлен обломками горных пород-эффузивов и минералов: плагиоклазы, кварц, биотит, возможно, роговая обманка. Также наблюдаются обломки вулканического стекла, которое, по всей видимости, составляет основную массу. Порода, в целом, карбонатизирована, местами хлоритизирована.
<u>101,0-142,0</u> 41,0	Туфопесчаники серые, местами со слабым зеленоватым оттенком. По составу аналогичны вышеописанному интервалу. Местами порода обохрена.
<u>142,0-148,0</u> 6,0	Туф риолитового состава, шлам желтовато-серый. Порода плотная, твердая с редкими обломками горных пород-эффузивов. Из минералов наблюдаются плагиоклазы, биотит, реже кварц. Наблюдаются обломки вулканического стекла.
<u>148,0-224,0</u> 76,0	Туфобрекчии, туфоконгломераты серые, местами с зеленоватым оттенком. Шлам представлен обломками плотной, твердой породы, сложенной зернами минералов и горных пород, по всей видимости, сцементированных вулканическим стеклом и пеплом. Из минералов наблюдаются полуокатанные зерна полевых шпатов, кварца, биотита.



3,0-64,0  
61,0

Лавобрекчии дацитового состава, серые, буро-серые. Шлам представлен обломками плотной, твердой породы, карбонатизированной, на отдельных интервалах хлоритизированной, обохренной. Порода, вероятно, сложена обломками горных пород и минералов, сцементированных основной массой, состоящей из вулканического стекла и пепла. Обломки горных пород-эффузивов угловатые, реже слабоокатанные. Из минералов наблюдаются кварц, полевые шпаты, реже биотит, возможно, амфиболы. Единичны зерна рудного минерала.

#### Скважина 4 (1440)

<u>3,0-22,0</u> 19,0	Туфопесчаник, туфоалевролит буро-серый, местами, с зеленоватым оттенком. Обломки плотной, твердой породы, по всей видимости, трещиноватой, по трещинам обохренной, со скрыто- и мелкозернистой структурой. Наблюдаются обломки твердых пород-эффузивов и минералов: кварц, плагиоклазы. Порода слегка карбонатизирована.
<u>22,0-26,0</u> 4,0	Туфопесчаник зеленовато-серый, среднезернистый, плотный, твердый, трещиноватый, по трещинам интенсивно обохрен, карбонатизирован, хлоритизирован. Минералы: плагиоклазы, кварц, редкие чешуйки биотита.
<u>26,0-26,6</u> 0,6	Углистый сланец темно-серый, местами с зеленоватым оттенком, трещиноватый, по трещинам карбонатизирован, на отдельных участках хлоритизирован, обохрен.
<u>26,6-28,9</u> 2,3	Туфоалевролит зеленовато-серый, плотный, на отдельных участках раздроблен, интенсивно трещиноват, по трещинам обохрен, карбонатизирован.
<u>28,9-48,0</u> 19,1	Туфобрекчии, туфоконгломераты зеленовато-серые, плотные, твердые. Обломки горных пород-эффузивов угловатые, реже полуокатанные, размером до 2х2см. Из минералов наблюдаются кварц, плагиоклазы, биотит, роговая обманка. Порода трещиновата, по трещинам-карбонатизирована.
<u>48,0-64,0</u> 16,0	Туфобрекчии, туфоконгломераты темно-серые, плотные, твердые, трещиноватые, по трещинам карбонатизированы. Обломки горных пород угловатые, размером до 0,5см. Многие из них обохрены, карбонатизированы.
<u>64,0-65,7</u> 1,7	Туф дацитового состава, светло-серый, плотный, местами трещиноватый, по трещинам обохрен, карбонатизирован.
<u>65,7-66,4</u> 0,7	Туфопесчаник светло-серый, грубозернистый с обломками горных пород (до 5% от общей массы), размером до 3 см в поперечнике, трещиноватый, по трещинам обохрен, карбонатизирован.
<u>66,4-66,6</u> 0,2	Песчаник серый, грубозернистый, раздроблен, обохрен, карбонатизирован.

<u>66,6-66,8</u> 0,2	Углистый сланец темно-серый, плотный, твердый, возможно окремненный, с тончайшими линзочками угля (до 1мм).
<u>66,8-72,0</u> 5,2	Песчаник зеленовато-серый, среднезернистый, раздробленный, перемятый с окатанными, полуокатанными обломками горных пород-эффузивов, размером до 1-2см.
<u>72,0-73,2</u> 1,2	Туфопесчаник, туфоконгломерат брекчированный, перемятый, раздробленный, с окатанными обломками горных пород (до 2х2см). Порода интенсивно карбонатизирована, хлоритизирована.
<u>73,2-74,7</u> 1,5	Уголь черный, раздробленный, трещиноватый, по трещинам карбонатизирован, местами окремнен. Наблюдаются прослойки светло-серых алевролитов.
<u>74,7-75,1</u> 0,4	Алевролит серый, плотный, трещиноватый, по трещинам карбонатизирован. Переслаивается со средне- и мелкозернистыми песчаниками. Порода, местами, хлоритизирована.
<u>75,1-86,0</u> 10,9	Туфоалевролит буро-коричневый, по трещинам карбонатизирован, хлоритизирован. Наблюдается слабая слоистость. Местами, порода перемята, раздроблена.

## Скважина 5 (1400)

<u>3,0-40,0</u> 37,0	Глины, пески. Шлам коричневый, глинистого состава. В единичных обломках наблюдаются элементы слоистости. Порода хрупкая, во влажном состоянии- пластичная, содержит обломочный материал (дресва, щебень) до 10% от общей массы. Местами, наблюдаются хлоритизированные участки. Интервал 13,0-15,0м- шлам светло-серый, обломки светло-серой плотной породы, возможно- глыба лавобрекчий.
<u>40,0-57,0</u> 17,0	Туфобрекчия светло-серая, плотная, с обломками горных пород-эффузивов. Обломки угловаты, полуокатанны, размером до 2х2см. Наблюдается слабая направленность расположения обломков и минералов (кварц, плагиоклазы). Порода карбонатизирована.
<u>57,0-66,0</u> 9,0	Туфы риолитового состава, желтовато-серые, плотные, трещиноватые, по трещинам интенсивно обохрены, карбонатизированы. Из минералов наблюдаются зерна кварца, полевых шпатов, хлорита. Единичны налеты красного минерала, возможно, киновари.
<u>66,0-108,0</u> 42,0	Туфобрекчии серые, плотные с обломками горных пород. Обломки пород угловатые, размером до 1см в поперечнике. Из минералов наблюдаются кварц, плагиоклаз, единичны чешуйки биотита. Порода трещиноватая, по трещинам карбонатизирована, обохрена.
<u>108,0-144,7</u> 36,7	Алевролит коричневый с окатанными обломками горных пород, , местами с прослойками грубозернистого песчаника. На отдельных интервалах порода раздроблена, трещиновата, по трещинам карбонатизирована, хлоритизирована. Единичны обломки зерен кварца. Обломки горных пород-эффузивов на отдельных участках составляют до 30% от общей массы, достигая в поперечнике 10см.

## Скважина 6 (1535)

<u>4,0-13,0</u> 9,0	Туфобрекчии коричневые. Шлам представлен хрупкими, во влажном состоянии- пластичными обломками. Их минералов наблюдаются кварц, полевые шпаты, чешуйки хлорита, серицита. Также наблюдаются слабоокатанные обломки горных пород-эффузивов. Порода карбонатизирована, хлоритизирована.
<u>13,0-68,0</u> 55,0	Туфобрекчии серые, местами зеленовато-серые. По всей видимости, интенсивно тектонически переработаны, о чем свидетельствует интенсивная карбонатизация, хлоритизация, обожженность породы, большое количество вторичных минералов (кварц, хлориты, карбонаты). В некоторых обломках шлама наблюдаются вкрапленники сульфидов.
<u>68,0-78,0</u> 10,0	Базальт. Шлам представлен обломками плотной породы, темно-серой, со скрытокристаллической структурой. Наблюдаются редкие обломки вкрапленников пироксенов, плагиоклазов.
<u>78,0-88,0</u> 10,0	Туфобрекчии серые, местами зеленовато-серые, по составу аналогичны интервалу 13,0-68,0.
<u>88,0-108,0</u> 20,0	Туфобрекчии, туфопесчаники серые, плотные, на интервале 94,0-101,0- ожелезнены. Из минералов наблюдаются кварц, плагиоклазы, реже биотит. Порода карбонатизирована, менее хлоритизирована.

<u>3,0-15,0</u> 12,0	Туфобрекчии светло-серые с бурым оттенком. Шлам представлен обломками твердой, плотной породы, сложенной зернами горных пород-эффузивов и минералов: кварц, плагиоклазы, темные амфиболы.
<u>15,0-80,0</u> 65,0	Туфобрекчии зеленовато-серые, плотные, твердые. Вероятно, обломки горных пород-эффузивов и минералов сцементированы основной массой, представленной вулканическим стеклом и пеплом. Минералы: кварц, плагиоклазы, реже биотит, возможно, роговая обманка. Порода карбонатизирована, на отдельных участках хлоритизирована, обожжена.
<u>80,0-122,0</u> 42,0	Туфобрекчии светло-серые, обломки плотной породы, средней твердости. Наблюдаются обломки горных пород-эффузивов основного состава (до 15%) и минералов: кварц, плагиоклазы, реже биотит. Порода карбонатизирована, на отдельных интервалах хлоритизирована, обожжена.
<u>122,0-153,0</u> 31,0	Туф риолитового состава, серый, с розовым оттенком. Обломки плотной породы. Единичны обломки кварца, биотита.
<u>153,0-184,0</u> 31,0	Базальт темно-серый. Обломки плотной, твердой породы, слабо карбонатизированной с отдельными обожженными участками. Единичны обломки плагиоклазов, возможно, пироксенов, а также обломки основной массы, представленной вулканическим стеклом.
<u>184,0-202,0</u> 18,0	Туфобрекчии коричневатого-серые, местами с зеленоватым оттенком. Обломки плотной породы слабо карбонатизированы. Наблюдаются обломки горных пород-эффузивов (до 10%) и минералов: кварц, плагиоклаз, биотит.
<u>202,0-264,0</u> 62,0	Туфы, туфобрекчии зеленовато-серые, плотные, твердые. Наблюдаются обломки горных пород-эффузивов, минералов и вулканического стекла. Порода слабо карбонатизирована, единичные обломки- обожжены.

<u>3,0-18,0</u> 15,0	Туфы риолитового состава. Шлам светло-серый с желтоватым оттенком. Обломки породы интенсивно раздроблены, карбонатизированы, местами ожелезнены. Наблюдаются обломки горных пород и зерна минералов: кварца, плагиоклазов, биотита.
<u>18,0-25,5</u> 7,5	Алевролит серый, темно-серый, раздробленный. По трещинам, микротрещинам порода карбонатизирована. Единичны зерна кварца. Наблюдаются тонкие пропластки углистого сланца.
<u>25,5-27,3</u> 1,8	Песчаник серый, мелкозернистый, раздробленный с единичной пропласткой угля мощностью 2-3мм.
<u>27,3-34,0</u> 16,7	Песчаник серый, по составу аналогичный вышеописанному, но без признаков угля.
<u>36,0-37,0</u> 1,0	Песчаник коричневый, мелкозернистый, рассланцованный, раздробленный с тончайшими прослойками угля, мощностью несколько мм. Порода карбонатизирована, местами хлоритизирована. Наблюдается слабая слоистость.
<u>37,0-37,3</u> 0,3	Туфопесчаник светло-серый, с редкими обломками горных пород. Наблюдаются окатанные зерна кварца, плагиоклазов, редкие чешуйки биотита. Наблюдается слабая слоистость.
<u>37,3-39,9</u> 2,6	Песчаник коричневый, мелкозернистый, на отдельных интервалах-грубозернистый. Наблюдается слабая слоистость с углом напластования 12°.
<u>39,9-57,7</u> 17,8	Туфопесчаник зеленовато-серый, плотный с обломками эффузивных пород, размером до 2х2см. Порода по трещинам, микротрещинам карбонатизирована. Из минералов наблюдаются кварц, плагиоклазы, редкие чешуйки биотита. Порода на отдельных участках раздроблена, перемята.
<u>57,7-59,0</u> 1,3	Песчаник буро-коричневый, мелкозернистый, местами карбонатизирован, хлоритизирован, окварцован, раздроблен. Наблюдаются единичные полуокатанные зерна кварца.
<u>59,0-81,0</u> 22,0	Туфопесчаник. Шлам зеленовато-серый. Наблюдаются кварц, плагиоклазы и обломки горных пород. Порода карбонатизирована.

<u>81,0-87,0</u> 6,0	Туфопесчаник розовато-серый, плотный, твердый, среднезернистый, на отдельных участках-грубозернистый, с угловатыми обломками эффузивных пород. Из минералов наблюдаются зерна кварца.
<u>87,0-114,0</u> 27,0	Туфопесчаник зеленовато-серый. Шлам представлен обломками плотной породы, которая карбонатизирована. Из минералов наблюдаются кварц, биотит, а также темные обломки, возможно, роговой обманки.
<u>114,0-117,0</u> 3,0	Песчаник. Шлам представлен обломками буро-коричневой плотной породы с единичными обломками темных горных пород-эффузивов. Наблюдаются зерна кварца.
<u>117,0-122,0</u> 5,0	Туфопесчаник зеленовато-серый, по составу аналогичен интервалу 87,0-114,0.



<u>3,0-22,0</u> 19,0	Туфобрекчии коричневато-серые, плотные, трещиноватые, с угловатыми обломками горных пород. Порода сильно карбонатизирована, хлоритизирована, ожелезнена. Из минералов наблюдаются кварц, полевые шпаты, биотит.
<u>22,0-23,8</u> 1,8	Песчаник серый, среднезернистый, карбонатизированный, местами окварцован, ожелезнен, хлоритизирован.
<u>23,8-24,0</u> 0,2	Песчаник, аналогичный вышеописанному с тонкими прослойками угля- твердого, возможно, окремненного.
<u>24,0-24,8</u> 0,8	Туфопесчаник зеленовато-серый брекчированный, раздробленный, карбонатизированный, хлоритизированный.
<u>24,8-27,0</u> 2,2	Алевролит буро-коричневый с единичными зернами обломочного материала. Порода раздроблена, карбонатизирована, хлоритизирована.
<u>27,0-27,4</u> 0,4	Уголь черный, рыхлый, перемятый с прослойками алевролитов. Наблюдаются как твердые, возможно, окремненные обломки, так и угольная сажа.
<u>27,4-30,0</u> 0,6	Туфопесчаник зеленовато-серый, мелкозернистый, раздробленный, интенсивно карбонатизированный, хлоритизированный.
<u>30,0-33,0</u> 3,0	Глина буровато-серая, с единичными обломками полуокатанных зерен кварца, плагиоклазов, а также обломков горных пород.
<u>33,0-37,0</u> 4,0	Алевролит буро-коричневый с единичными зернами обломочного материала. Порода раздроблена, перемята, интенсивно карбонатизирована, хлоритизирована, местами ожелезнена. Единичны окатанные полуокатанные зерна кварца.
<u>37,0-56,8</u> 19,8	Туфобрекчия дацитового состава, светло-коричневая, плотная, трещиноватая, сильно карбонатизирована, хлоритизирована, отдельные участки- ожелезнены. Из минералов наблюдаются кварц, плагиоглазы, роговая обманка, редкие чешуйки биотита, обломки вулканического стекла.
<u>56,8-64,0</u> 7,2	Алевролит буро-коричневый, порода раздроблена, перемята, интенсивно карбонатизирована, хлоритизирована, местами обожжена. Единичны обломки (дресва) эффузивных пород.

64,0-122,0  
58,0

Туфобрекчии зеленовато-серые. Обломки плотной, твердой породы карбонатизированы, местами обохрены. Из минералов наблюдаются кварц, плагиоклазы, амфиболы. Также встречаются обломки вулканического стекла и горных пород-эффузивов. Порода на отдельных интервалах хлоритизирована.

Скважина 10 (1312)

<u>3,0-13,0</u> 10,0	Туфобрекчии. Шлам серовато-коричневый. Обломки твердой плотной породы. Наблюдаются обломки зерен прозрачного кварца, матовые зерна плагиоклазов, чешуйки биотита, темные обломки роговой обманки, обломки вулканического стекла. Порода карбонатизирована, обохрена.
<u>13,0-20,0</u> 7,0	Туфопесчаник. Шлам серый, во влажном состоянии пластичный. Наблюдаются полуокатанные зерна кварца, зерна плагиоклазов, чешуйки биотита. Порода раздроблена, карбонатизирована.
<u>20,0-44,0</u> 24,0	Туфобрекчии. Шлам серовато-коричневый, состоит из обломков зерен кварца, белых (матовых) плагиоклазов, редких чешуек биотита, тонких корочек лимонита. Наблюдаются обломки плотных эффузивных пород. Порода слабо карбонатизирована и ожелезнена. Наблюдаются редкие обломки рудных минералов.
<u>44,0-50,0</u> 6,0	Туфобрекчии, туфопесчаники. Шлам серый, местами темно-серый, состоит из обломков зерен кварца, плагиоклазов, чешуек биотита, единичны обломки калий-полевых шпатов, темных кристаллов амфиболов, вулканического стекла. Порода твердая, слегка трещиноватая. По трещинам наблюдается карбонатизация и ожелезнение.

Скважина 11 (1327)

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| <u>3,0-17,0</u><br>14,0  | Туфобрекчии. Обломки породы твердые, плотные. Наблюдаются обломки темных горных пород и минералов: зерна кварца, плагиоклазов, чешуйки биотита, единичны обломки рудных минералов. Порода карбонатизирована, местами ожелезнена. |
| <u>17,0-27,0</u><br>10,0 | Туфобрекчии, туфопесчаники. Обломки породы плотные, твердые. Наблюдаются обломки зерен кварца, чешуйки биотита. Порода, по всей видимости, карбонатизирована, ожелезнена.  |
| <u>27,0-28,0</u><br>1,0  | Шлам темно-серый. По составу аналогичен вышеописанному. Единичны обломки темно-серой, черной, твердой, возможно, углефицированной породы.  |

Скважина 12 (1333)

<u>3,0-6,0</u> 3,0	Туфобрекчии. Шлам светло-коричневый, буроватый, состоит из обломков зерен кварца, плагиоклазов, чешуек биотита, вулканического стекла. Наблюдаются обломки горных пород. Порода твердая, трещиноватая, карбонатизирована, местами ожелезнена. Единичны обломки рудных минералов.
<u>6,0-24,0</u> 18,0	Базальт. Шлам серый, местами темно-серый. Обломки твердой, плотной породы. Минералы представлены призматическими кристалликами пироксенов, амфиболами, матовыми зернами плагиоклазов. Единичны обломки рудных минералов.
<u>24,0-100,0</u> 76,0	Базальт измененный, хлоритизированный. Шлам серовато-зеленый, плотный, твердый. Структура порфировая. Основная масса зеленоватого цвета, состоит, по-видимому, из вулканического стекла и микролитов плагиоклазов. Минералы представлены обломками почти черных короткопризматических пироксенов, роговой обманки, бесцветные полупрозрачные зерна кварца, матовые зерна плагиоклазов. Единичны обломки рудного минерала.

Скважина 13 (1312)

<u>3,0-12,0</u> 9,0	Современные отложения (глина, сутлинок с обломками лавобрекчий, туфобрекчий).
<u>12,0-37,0</u> 25,0	Туфобрекчий. Шлам светло-коричневый. Порода плотная твердая. Наблюдаются обломки горных пород-эффузивов и зерен минералов (кварц, плагиоклазы, биотит, рудный минерал). Порода карбонатизирована, местами обохрена.
<u>37,0-48,6</u> 11,6	Базальт. Шлам серый, темно-серый, плотный, твердый. В основной массе наблюдаются вкрапленники пироксенов, плагиоклазов.

Скважина 14 (1305)

<u>3,0-9,0</u> 6,0	Современные отложения (глина, суглинки с небольшим количеством обломочного материала, представленного щебнем, дресвой лавобрекчий).
<u>9,0-20,0</u> 11,0	Туфобрекчий. Шлам коричневатого-серый. Обломки породы плотные, твердые. Наблюдаются обломки зерен кварца, плагиоклазов, чешуйки биотита, вулканического стекла, а также темные обломки горных пород. Порода карбонатизирована, местами обохрена.
<u>20,0-30,0</u> 10,0	Базальт. Шлам серый, темно-серый. Обломки породы плотные, твердые. В основной массе наблюдаются вкрапленники пироксенов и плагиоклазов.

<u>3,0-64,0</u> 61,0	Лавобрекчии дацитового состава, коричневато-серые, местами с зеленоватым оттенком, на отдельных интервалах раздробленные, трещиноватые. Обломки горных пород и минералов, угловатые, полуокатанные, сцементированы основной массой, по всей видимости, сложенной вулканическим стеклом и пеплом. Размеры обломков горных пород-эффузивов достигают в поперечнике 3-5см. Из минералов наблюдаются плагиоклазы, кварц, биотит, единичны обломки рудных минералов. Порода карбонатизирована, хлоритизирована.
<u>64,0-66,5</u> 2,5	Туфобрекчии зеленовато-серые, плотные, трещиноватые. Порода карбонатизирована, хлоритизирована, обохрена. Состоит из обломков горных пород и минералов, основной массы. Обломки горных пород-эффузивов угловаты. Минералы: плагиоклазы, кварц, биотит, хлориты, карбонаты.
<u>66,5-68,0</u> 1,5	Песчаник серый, темно-серый с прослойками угля, плотного, твердого, по-видимому, кремнистого, по трещинам карбонатизированного.
<u>68,0-68,4</u> 0,4	Алеврит светло-серый с зеленоватым оттенком, плотный, твердый, карбонатизированный.
<u>68,4-69,0</u> 0,6	Туфобрекчии зеленовато-серые, аналогичные интервалу 64,0 - 66,5.
<u>69,0-73,5</u> 4,5	Туфопесчаник серый, зеленовато-серый, брекчированный, с обломками горных пород, размером до 1 х 1 см. Порода по трещинам, микротрещинам, порам карбонатизирована, хлоритизирована.
<u>73,5-73,8</u> 0,3	Уголь черный, плотный, кремнистый, на отдельных участках кристаллизован. По трещинам, микротрещинам-карбонатизация, окварцевание. Наблюдается волокнистое строение.
<u>73,8-79,0</u> 5,2	Песчаник серый, местами темно-серый, раздробленный. Структура от мелко- до грубозернистой. Наблюдаются редкие обломки горных пород, размером до 1см. Единична прослойка угля, аналогичная интервалу 73,5-73,8, мощностью 5-7см. Порода карбонатизирована, хлоритизирована.



79,0-98,0  
19,0      Алевролит коричневый, на отдельных интервалах с  
зеленоватым оттенком, с редкими обломками горных пород.  
Наблюдаются редкие зерна кварца.

98,0-195,0  
97,0      Туфобрекчии серые, плотные, карбонатизированные,  
хлоритизированные, состоят из основной цементирующей  
массы, обломков пород и минералов: кварца, плагиоклазов,  
биотита, единичных зерен рудного минерала. Обломки горных  
пород-эффузивов угловаты, полуокатанные, размером до 4 см в  
поперечнике.

Скважина 16 (1305)

<u>3,0-11,0</u> 8,0	Туфобрекчии. Шлам серовато-желтый, порода раздроблена, перемята. Наблюдаются обломки зерен плагиоклазов, кварца, чешуйки биотита, роговой обманки, вулканического стекла, а также обломки темных горных пород-эффузивов.
<u>11,0-23,0</u> 12,0	Туфобрекчии. Шлам серый, по составу аналогичен вышеописанному. Размер зерен уменьшился. Увеличилось количество ожелезненных участков.
<u>23,0-28,0</u> 5,0	Туфопесчаник. Шлам серый с голубоватым оттенком. Порода карбонатизирована. Минералы: окатанные, полуокатанные зерна плагиоклазов, кварца, редкие чешуйки биотита. Наблюдаются слабоокатанные обломки эффузивных пород.
<u>28,0-40,0</u> 12,0	Алевролит с редкими зернами горных пород и минералов: плагиоклазов и кварца. Шлам коричневый, местами темно-коричневый, глинистого состава.
<u>40,0-67,0</u> 27,0	Туфобрекчии. Шлам серый. Обломки плотной, твердой породы. Минералы: плагиоклазы, кварц, карбонаты. Наблюдаются обломки вулканического стекла и пепла. Порода сильно карбонатизирована.
<u>67,0-69,0</u> 2,0	Туфобрекчия, туфоконгломерат. Порода зеленовато-серая, плотная, твердая. Состоит из цементирующей массы, обломков минералов и горных пород. Минералы: кварц, карбонаты, возможно, плагиоклазы. Многие минералы замещены вторичной хлоритизированной массой. Порода интенсивно тектонически переработана.

<u>3.0-103.0</u> 100.0	Лавобрекчии дацитового состава. Шлам светло-серый с бурым, местами, желтоватым оттенком. Обломки плотной, твердой породы, сложенной зернами минералов, горных пород и основной массой. Обломки горных пород темные, плотные, по-видимому, эффузивы. Минералы: плагиоклазы, кварц, чешуйки биотита, роговая обманка, единичны обломки рудных минералов. Порода карбонатизирована, хлоритизирована, местами, ожелезнена.
<u>103.0-132.0</u> 29.0	Туфобрекчии серые, с голубоватым оттенком, плотные, твердые, состоящие из обломков горных пород и минералов, сцементированных, по-видимому, вулканическим материалом. Обломки пород угловатые, полуокатанные, достигают в поперечнике 3-4 см, эффузивного происхождения. Минералы: матовые зерна плагиоклазов, полуокатанные зерна кварца, чешуйки слюды, зерна роговой обманки, единичны зерна рудных минералов. На отдельных интервалах порода трещиновата. По трещинам и микротрещинам карбонатизирована, обохрена.
<u>132.0-140.7</u> 8,7	Туфопесчаник серый, раздроблен, с прослойками и обломками темной, возможно, углефицированной породы (угля). Минералы: кварц, плагиоклазы. Порода сильно карбонатизирована.
<u>140.7-141.0</u> 0,3	Уголь черный, плотный, твердый, местами кристаллизованный. По трещинам окварцован, карбонатизирован.
<u>141.0-144.0</u> 3.0	Алевролит, зеленовато-серый, трещиноватый, по трещинам выполнен кальцитом. Наблюдаются единичные обломки темных горных пород-эффузивов и слабоокатанные зерна кварца. Порода интенсивно карбонатизирована.
<u>144.0-152.9</u> 8.9	Туфопесчаник брекчированный, карбонатизированный, зеленовато-серый, с обломками эффузивных горных пород, достигающих в поперечнике 5 см. Обломки пород слабоокатанные, окатанные, сцементированные песчано-глинистой массой, сильно карбонатизированной. Из минералов наблюдаются кварц, плагиоклазы, биотит. Порода рыхлая, перемятая, трещиноватая, т.е. подвержена интенсивному тектоническому воздействию. На отдельных участках порода хлоритизирована.

<u>152.9-153.2</u> 0.3	Уголь, черный, раздробленный, представлен как мелкими плотными, возможно, окремненными обломками(до1-2см), так и сажей.
<u>153.2-155.0</u> 1,8	Туфопесчаник светло-серый с зеленовым оттенком, рыхлый, перемятый, раздробленный, карбонатизированный, с редкими (сдипичными) тонкими прослойками и обломками углефицированной породы (угля).
<u>155.0-159.0</u> 4,0	Алевролит буро-коричневый, с примесью песчанистого материала, который на отдельных интервалах превышает 50% , представленного обломками горных пород и минералов: кварца, плагиоклазов, единичных чешуек биотита и зерен рудных минералов. Обломки пород и минералов слабоокатанные, угловатые. Порода слабо трещиновата, возможно, вдоль трещин окварцована, ожелезнена.

- 3.0-18.2  
15.2 Лавобрекчии дацитового состава, коричневато-серые, плотные, твердые. Состоят из основной массы, обломков пород и зерен минералов: плагиоклазов, кварца, биотита, а также единичных зерен рудного минерала. Порода карбонатизирована, чуть меньше хлоритизирована. Основная цементирующая масса, возможно, кремнена, состоит из хлоритизированного вулканического стекла и пепла. Обломки пород-эффузивов достигают в поперечнике 5см.
- 18.2-20.0  
1.8 Лавобрекчии дацитового состава, светло-серые с голубоватым оттенком, твердые, трещиноватые, по трещинам обохрены (ожелезнены), карбонатизированы. По минералогическому составу аналогичны вышеописанному. Порода более хлоритизирована, карбонатизирована, деформирована. Чуть увеличилось количество рудных минералов.
- 20.0-38.5  
18.5 Лавобрекчии светло-серые с зеленоватым оттенком, твердые, трещиноватые, местами раздробленные, по трещинам заохрены, карбонатизированы. На отдельных интервалах хлоритизированы. Размер обломков эффузивных пород до 3см в поперечнике (единичные до 7см). Минералы: плагиоклазы, кварц, редкие чешуйки биотита, единичны рудные минералы.
- 38.5-45.2  
6.7 Андезит темно-серый, полнокристаллический, трещиноватый, на отдельных участках раздробленный. По трещинам обохрен, карбонатизирован, местами хлоритизирован. Минералы плагиоклазы, пироксен, хлориты, карбонаты. Порода, по-видимому, является секущим телом (типа дайки ).
- 45.2-60.0  
4.8 Лавобрекчии, светло-серые, твердые, местами трещиноватые, по составу аналогичны интервалу 20.0-38.5.
- 60.0-68.5  
8.5 Лавобрекчии, аналогичные вышеописанному, раздробленные, перемятые, подверженные сильному тектоническому воздействию.

- 68.5-110.7  
42.2 Туфобрекчии серовато-голубые, трещиноватые, на отдельных интервалах раздробленные, по трещинам обохрены, карбонатизированы. Минералы: плагиоклазы, кварц, редкие чешуйки биотита, роговая обманка, рудные минералы. Цементирующая масса сложена вулканическим материалом. Обломки горных пород-эффузивов, угловатые, достигают в поперечнике 2см. На отдельных интервалах общее количество обломков достигает 20% от общей массы. Порода слабо карбонатизирована и хлоритизирована.
- 110.7-117.0  
6.3 Туфопесчаник желтовато-серый, среднезернистый, с угловатыми полуокатанными обломками эффузивных пород, имеющих размер до 0,5см в поперечнике. Из минералов наблюдаются биотит, кварц, плагиоклазы, редкие зерна рудного минерала. Порода трещиновата, раздроблена, по трещинам обохрена, карбонатизирована, хлоритизирована. В породе наблюдаются единичные мелкие зерна темной, почти черной породы, возможно углефицированной.
- 117.0-118.1  
1.1 Туфопесчаник светло-серый, средней твердости, с линзочками угля мощностью до 0,5 см. Порода перемята, деформирована. На интервале 117.15 - линза угля мощностью 3-4см, волокнистого строения, твердого, плотного, возможно окремненного. Наблюдается слабая рассланцовка породы, которая слегка карбонатизирована и хлоритизирована.
- 118.1-118.2  
0.1 Прослойка угля, перемятого, раздробленного, местами кристаллизованного. Наблюдается слоистость.
- 118.2-121.8  
3.6 Песчанистый алевролит зеленовато-серый, слабо трещиноватый, по трещинам карбонатизированный, хлоритизированный с прослойками темно-серых алевролитов, возможно, углефицированных, мощностью 1-2см, а также прослойками мелкозернистого песчаника мощностью до 5см с видимой слоистостью. По угля наслоения можно предположить об угле падения породы -15 .
- 121.8-123.0  
1.2 Уголь черный, плотный, возможно окремненный, местами кристаллизованный. В общей массе наблюдаются гнезда, прожилки рудных минералов (пирит), достигающих 1-2 см в поперечнике. По трещинам карбонатизирован. На отдельных участках наблюдаются небольшие прослойки песчано-глинистой породы.

- 123.0-137.2  
14.2 Туфопесчаник, туфоконгломерат брекчированный, раздробленный, интенсивно хлоритизированный, карбонатизированный, голубовато-серый. Обломки горных пород окатаны, полуокатаны, достигают в поперечнике 3-4 см. Многие из них частично, или полностью, замещены хлоритовой массой. Наблюдаются единичные обломки темной, возможно, углефицированной породы (до 2 см). Порода, в целом, подвержена сильному тектоническому воздействию.
- 137.2-138.4  
1.2 Уголь черный, плотный, местами кристаллизованный с небольшими прослойками песчанисто-глинистой породы. На отдельных участках, по-видимому, окремненный. По трещинам карбонатизирован. Наблюдаются вкрапленники рудного минерала. С интервала 138.0 м наблюдаются тонкие прослойки углистого сланца.
- 138.4-141.0  
2.6 Алевролит серый, местами темно-серый, трещиноватый, хрупкий, по трещинам карбонатизированный, раздробленный.
- 141.0-144.8  
3.8 Алевролит глинистый, темно-серый, аналогичен вышеописанному, но менее трещиноват, раздроблен. На интервале 144.4-144.6- прослойка глины серой, пластичной с небольшой примесью гравия.
- 144.8-147.8  
3.0 Туфопесчаник серый с зеленоватым оттенком, тонко- и мелкозернистый, с единичными гнездами и прослойками углефицированной породы. Минералы: плагиоклазы, кварц, редкие чешуйки биотита, рудного минерала. Порода на отдельных интервалах слабо хлоритизирована, карбонатизирована.
- 147.8-150.5  
2.7 Туфоалевролит песчанистый, буро-коричневый, местами раздробленный, трещиноватый, по трещинам хлоритизированный. Наблюдаются редкие зерна кварца и чешуйки биотита. На интервале 147.3-147.9- туфоалевролит темно-серый, по составу аналогичный вышеописанному.
- 150.5-151.3  
0.8 Туфопесчаник серый, тонко- и мелкозернистый, плотный, средней твердости. Наблюдаются единичные зерна плагиоклаза, кварца, чешуйки биотита. Порода, местами, хлоритизирована.

151.3-159.0

7.7

Туфолавы, туфы риолитового состава, бледно-зеленые, местами трещиноватые. Обломки пород угловатые, размером до 1-2см в поперечнике, составляют до 10% от общей массы. Порода хлоритизирована, менее карбонатизирована. Минералы: редкие зерна кварца, плагиоклазов, биотит, хлорит, карбонаты.



- 3,0-9,0  
6,0 Лавобрекчии дацитового состава. Шлам желтовато-серый, представлен обломками плотной, твердой породы. Наблюдаются обломки горных пород-эффузивов, а также обломки зерен минералов; кварца, плагиоклазов, биотита, единичны зерна рудного минерала. Некоторые обломки обохрены. Порода, в целом, слабо карбонатизирована.
- 9,0-57,0  
48,0 Туфобрекчии зеленовато-серые, трещиноватые, раздробленные, подвержены тектоническому воздействию. Наблюдается интенсивная хлоритизация, карбонатизация. Основная цементирующая масса, по всей видимости, сложена вулканическим стеклом и пеплом, по которой интенсивно развивается хлорит. Обломки горных пород угловатые, реже слабоокатанные, достигают 3-5см в поперечнике. Они также, частично, хлоритизированы. Минералы: плагиоклазы, кварц, чешуйки биотита. Единичны зерна рудных минералов. Хлориты и карбонаты- вторичные, заполняют трещины и пустоты, а также замещают некоторые минералы.
- 57,0-62,1  
5,1 Туфобрекчии серые с небольшим зеленоватым оттенком, местами пористые. По составу аналогичны вышеописанному, но менее раздроблены, трещиноваты. Хлоритизация, карбонатизация менее интенсивна.
- 62,1-64,7  
2,6 Андезит темно-серый, плотный, твердый, трещиноватый, по трещинам выполнен карбонатами, хлоритами, возможно, окварцован. Наблюдаются порфировые выделения плагиоклазов, темных зерен пироксенов, единичны зерна рудного минерала. Порода, в целом, слабо карбонатизирована, хлоритизирована, еще меньше, окварцована.

<u>64,7-129,0</u> 64,3	Туфобрекчии серые, местами темно-серые, до интервала 68,5м с зеленоватым оттенком, который обусловлен интенсивной хлоритизацией как основной массы породы, так и единичных обломков горных пород. Порода плотная, твердая, на отдельных интервалах трещиноватая, по трещинам карбонатизирована и, менее, хлоритизирована. Обломки горных пород слабоокатанные, угловатые, достигают в поперечнике 3см, представлены эффузивами. Частично хлоритизированы, обохрены. Единичные обломки полностью замещены хлоритовой массой. Минералы: плагиоклазы, кварц, биотит, возможно, роговая обманка и пироксены. Единичны зерна рудных минералов.
<u>129,0-133,0</u> 4,0	Туфопесчаник зеленовато-серый, плотный. Обломки горных пород составляют до 15% от общей массы, размер до 1см в поперечнике. Минералы: кварц, плагиоклаз, рудный минерал. На отдельных интервалах порода трещиновата, по трещинам выполнена карбонатом. В целом, порода раздроблена, слегка карбонатизирована.
<u>133,0-136,0</u> 3,0	Туфопесчаник серый, хрупкий, с элементами слоистости. Единичны обломки горных эффузивных пород, размером до 1см в поперечнике, ожелезнены. Минералы: плагиоклазы, кварц, в небольшом количестве рудный минерал.
<u>136,0-136,8</u> 0,8	Туфоалевролит темно-серый с зеленоватым оттенком, трещиноватый, перемятый, раздроблен, хлоритизирован.
<u>136,8-142,3</u> 5,5	Туфопесчаник серый, брекчированный, грубозернистый, с обломками горных пород. Порода хрупкая, интенсивно рассланцована, деформирована. Обломки горных пород достигают в поперечнике 3см, полуокатаны. Интенсивно хлоритизированы, карбонатизированы. Наблюдается слабая ориентированность обломков и слоистость. Минералы: плагиоклазы, кварц, редкие зерна биотита, рудного минерала. Наблюдаются единичные обломки угля, достигающие в поперечнике 0,5см.
<u>142,3-142,45</u> 0,15	Уголь черный, раздробленный, перемятый, местами кристаллизованный с небольшой примесью песчано-глинистого материала.

<u>142,45-145,2</u> 2,75	Алевролит серый, местами темно-серый, возможно, углефицированный. На отдельных участках порода трещиновата, раздроблена. По трещинам карбонатизирована.
<u>145,2-150,6</u> 5,4	Алевролит светло-серый с зеленоватым оттенком. На отдельных участках перемят, раздроблен, карбонатизирован, возможно, хлоритизирован.
<u>150,6-151,9</u> 1,3	Риолит- порода с порфировым строением, светло-серая, основная масса-вулканическое стекло с зернами кварца, плагиоклаза. Порода плотная, твердая.
<u>151,9-152,05</u> 0,15	Туфопесчаник темно-серый, почти черный, возможно углефицированный. Обломки породы-эффузивов полуокатаны. Минералы: плагиоклаз, кварц, рудные минералы. Порода раздроблена, перемята. Наблюдается слабая слоистость.
<u>152,05-152,4</u> 0,35	Алевролит серый с зеленоватым оттенком, карбонатизирован, возможно, хлоритизирован.
<u>152,4-154,1</u> 1,7	Алевролит, буро-коричневый, местами с зеленоватым оттенком, что является результатом хлоритизации, которая развивается как по основной массе, так и по микротрещинам, трещинам, пустотам. Единичны зерна кварца, чешуйки биотита.
<u>154,1-154,5</u> 0,4	Туфопесчаник зеленовато-серый, твердый, плотный, возможно окремненный. Порода карбонатизирована, хлоритизирована.
<u>154,5-158,5</u> 4,0	Алевролит, коричневый, аналогичный интервалу 152,4-154,1.
<u>158,5-160,5</u> 2,0	Туфолава риолитового состава, серая с розовым оттенком. Основная масса, по-видимому, сложена вулканическим стеклом, часть микрокристаллическим агрегатом. Наблюдаются редкие вкрапленники кварца, плагиоклаза, биотита, рудных минералов, а также горных эффузивных пород.
<u>160,5-162,0</u> 1,5	Туфобрекчии риолитового состава зеленоватые, плотные с обломками горных эффузивных пород, хлоритизированы, менее, карбонатизированы.

<u>3.0-39.0</u> 36.0	Лавобрекчии дацитового состава, коричневатого-серые, твердые, плотные, трещиноватые, по трещинам обохренные, на отдельных интервалах хлоритизированы. Основная цементирующая масса, по всей видимости, сложена смесью вулканического стекла и пепла, по которой идут процессы ожелезнения, хлоритизации. Обломки горных пород-эффузивов угловатые, полуокатанные, достигают в поперечнике 2-3см, единичные до 5 см. Многие обломки обохрены, хлоритизированы. Составляют до 20% от всей массы. Минералы: плагиоклазы, кварц, чешуйки биотита, возможно роговая обманка, а также хлориты, карбонаты. Единичны зерна рудных минералов. Порода, в целом, карбонатизирована.
<u>39.0-40.0</u> 1.0	Лавобрекчии дацитового состава, серые, плотные, твердые, по редким трещинам обохрены. Обломки горных пород и минералов сцементированы вулканическим стеклом и пеплом, карбонатизированы, по трещинам- обохрены. Обломки горных пород-эффузивов темные, достигают в поперечнике 1 см, составляя до 10% от общей массы. Некоторые из них хлоритизированы. Минералы: плагиоклазы, кварц, роговая обманка, биотит, единичны зерна рудных минералов. В небольшом количестве-хлориты, карбонаты, возможно, лимонит. Порода, в целом, карбонатизирована.
<u>40.0-44.0</u> 4.0	Лавобрекчии коричневатого-серые, аналогичные интервалу 17,0-39,0м с более сильной степенью хлоритизации (по трещинам, основной массе, обломкам горных пород), ожелезнены.
<u>44.0-45.0</u> 1.0	Лавобрекчии, аналогичные интервалу 39.0-40.0м.
<u>45.0-57.0</u> 12.0	Лавобрекчии, коричневатого-серые, аналогичны интервалу 40.0-44.0м.
<u>57.0-59.5</u> 2.5	Лавобрекчии, серые, аналогичны интервалу 44.0-45.0м.
<u>59.5-62.5</u> 3.0	Лавобрекчии, коричневатого-серые, аналогичны интервалу 45.0-57.0м.

- 62.5-105.0  
42.5 Туфобрекчии серые, местами, с голубоватым или зеленоватым оттенком. Порода плотная, твердая, мелкозернистая. Обломки горных пород и минералов сцементированы основной массой, представленной, по всей видимости, смесью вулканического стекла и пепла, подверженной частичной хлоритизации и окремнению, карбонатизации. Обломки горных пород представлены эффузивами, полуокатаны, в поперечнике достигают 1-2см, на отдельных интервалах составляя до 10% от общей массы. Некоторые из них по краям ожелезнены и хлоритизированы. Минералы: плагиоклазы, кварц, роговая обманка, чешуйки биотита, серицита, единичные зерна рудных минералов, хлориты, карбонаты.
- 105.0-107.7  
2.7 Туфопесчаник светло-серый с зеленоватым оттенком, среднезернистый, с единичными полуокатанными обломками горных пород, размером до 1х1см. С интервала 106,2 м наблюдаются гнезда, прожилки угля размером до 0,3х0,3см.
- 107.7-108.1  
0.4 Уголь черный, местами бурый, раздробленный, обохренный, возможно, окремненный. Отдельные участки кристаллизованы. Наблюдаются единичные зерна и мелкие гнезда рудного минерала.
- 108.1-109.0  
0.9 Туфопесчаник светло-серый, пористый. Наблюдается слабая слоистость (ориентированность) зерен. Минералы: окатанные прозрачные зерна кварца, плагиоклазы, чешуйки биотита, редкие зерна рудных минералов, а также обломки темных горных пород-эффузивов. Основной массой, по-видимому, является смесь вулканического стекла и пепла.
- 109.0-109.2  
0.2 Песчаник серый, тонкозернистый, плотный, твердый, с прослойкой черного угля мощностью 0,3см, кристаллизованного.
- 109.2-111.0  
1.8 Алевролит, зеленовато-серый, перемятый, раздробленный, хлоритизирован. Интервал 110,2-110,4- прослойка песчаника зеленовато-серого, перемятого, интенсивно хлоритизированного, грубозернистого.

- 111.0-113.2  
2.2 Алевролит песчанистый, темно-серый, возможно, углефицированный, местами хлоритизирован. На интервале 112,8м наблюдаются прослойки черного угля, местами кристаллизованного, пиритизированного, мощностью 7-8см. В целом порода карбонатизирована.
- 113.2-114.6  
1.4 Уголь черный, отдельные пропластки кристаллизованы. Наблюдается слоистость, местами обожженность (ожезление), гнезда и вкрапления рудного минерала (ширита). Порода раздроблена, слегка карбонатизирована.
- 114.6-126.1  
11.5 Туфопесчаник грубозернистый, брекчированный, серый с голубоватым, местами, зеленоватым оттенком. Порода хрупкая, деформирована, интенсивно хлоритизирована, карбонатизирована.
- 126.1-126.2  
0.1 Уголь черный, плотный, твердый, возможно, кремнистый. На отдельных участках слоистое, местами, волокнистое строение. Порода, в целом, карбонатизирована.
- 126.2-133.6  
7.4 Туфопесчаник серый с зеленоватым оттенком, брекчированный, грубозернистый, средней твердости, на отдельных участках раздробленный, перемятый, обломки горных пород достигают в поперечнике 3-4см, подвержены интенсивной хлоритизации, карбонатизации. Некоторые из них полностью замещены хлоритовой массой. Минералы: плагиоклаз, редкие зерна кварца, единичные зерна рудных минералов, возможно, роговая обманка. Основная масса также подвержена интенсивной хлоритизации, карбонатизации. Причем, карбонаты также развиваются по трещинам, заполняют пустоты.
- 133.6-134.7  
1.1 Уголь черный, плотный, возможно кремнистый, местами, кристаллизованный.
- 134.7-136.0  
1.3 Туфоалевролит, серый, средней плотности с обломками горных пород, размером до 2см. Обломки окатанные, полуокатанные. Порода интенсивно хлоритизирована, карбонатизирована (как основная масса, так и обломки пород и минералов). Наблюдается слоистость (ориентированность) обломков. Порода раздроблена, перемята.

- 136.0-140.0  
4.0 Углистый алевролитовый сланец темно-серый, переслаивающийся с серым алевролитом. По плоскости наслонения можно предположить об угле падения породы-12-15 . Отдельные участки карбонатизированы. Наблюдаются единичные прослойки угля мощностью до 1см.
- 140.0-144.0  
4.0 Алевролит серый, отдельные участки темно-серые, возможно, углефицированные. На отдельных интервалах порода перемята, раздроблена. В целом, карбонатизирована. Единичны прослойки углистого сланца мощностью до 1см.
- 144.0-150.0  
6,0 Алевролит светло-серый, возможно, известковый с прослойками среднезернистого песчаника. Порода на отдельных интервалах раздроблена, трещиновата. Единичны прослойки углефицированной породы мощностью до 5см.
- 150.0-153.0  
3.0 Туфобрекчия, туфоконгломерат, зеленовато-серый, плотный, твердый, с обломками горных пород-эффузивов, достигающих в поперечнике 8см. Обломки полуокатанные, окатанные, интенсивно хлоритизированы. Порода, в целом, карбонатизирована, хлоритизирована.
- 153.0-155.4  
2.4 Алевролит буро-коричневый. Наблюдается слоистость, единичны окатанные зерна кварца, чешуйки биотита. Порода интенсивно карбонатизирована, хлоритизирована как по трещинам, так и по пустотам.
- 155.4-159.0  
3.6 Туфолавы, туфы риолитового состава, светло-серые, пористые, местами, размером до 2см. Минералы: плагиоклаз, кварц, биотит, единичные зерна рудного минерала. Порода карбонатизирована, хлоритизирована.

- 3.0-24.2  
21.2 Лавобрекчии дацитового состава, серовато-коричневые, твердые, плотные, местами, трещиноватые, по трещинам обохрены. Обломки горных пород и зерна минералов, по всей видимости, сцементированы смесью вулканического стекла и пепла, которая частично обохрена, карбонатизирована. Обломки горных пород темно-серые, бурые, эффузивного происхождения, угловаты, единичные- слабоокатанные, размером до 2-3см, реже- до 7см в поперечнике. Значительная часть горных пород обохрена, частично изменена. Из минералов наблюдаются светлые матовые зерна плагиоклазов, полупрозрачные зерна кварца, чешуйки биотита, возможно, роговая обманка, а также карбонаты, хлориты. Единичны зерна рудного минерала. Порода, в целом, карбонатизирована.
- 24.2-25.2  
1.0 Лавобрекчии дацитового состава, серые, плотные, твердые, по редким трещинам обохрены. Обломки горных пород- эффузивов темные, достигают 1см в поперечнике, составляя 10% от общей массы. Некоторые обломки хлоритизированы. Минералы: плагиоклазы, кварц, биотит, роговая обманка, единичны зерна рудных минералов. В небольшом количестве- хлориты, карбонаты, гидроокислы железа. Порода, в целом, слабо карбонатизирована.
- 25.2-71.5  
46.3 Лавобрекчии, по составу аналогичны интервалу 3.0-24.2м.
- 71.5-105.0  
33.5 Туфобрекчии серые, местами, с голубоватым оттенком, плотные, мелкозернистые, слабо трещиноватые, по трещинам, местами, обохрены. Обломки горных пород и минералов сцементированы основной массой, сложенной вулканическим материалом (пепел, стекло). Обломки горных пород угловаты, полуокатаны, достигают 1см в поперечнике. Минералы представлены плагиоклазами, кварцем, роговой обманкой, чешуйками биотита, редкими зернами рудных минералов, карбонатами. С интервала 104,5м в породе наблюдаются единичные зерна-гнезда (до 0,5см) угля. На интервале 104.95-10.5м-прослойка угля темного, почти черного, который по трещинам карбонатизирован. Породы, вмещающие уголь, подвержены сильному тектоническому воздействию, на что указывает интенсивная карбонатизация, хлоритизация, возможно, оталькование (порода жирная на ощупь).



- 105.0-106.4  
1.4 Алевролит, серый, местами темно-серый, карбонатизирован. Наблюдаются прослойки мелкозернистого серого песчаника, мощностью до 20см.
- 106.4-109.3  
2.9 Песчаник серый с зеленоватым оттенком, среднезернистый, раздробленный. Порода карбонатизирована, интенсивно хлоритизирована. Наблюдаются прослойки алевролитов, аналогичные интервалу 105.0-106.4м, мощностью до 10см.
- 109.3-109.7  
0.4 Алевролит песчанистый, темно-серый, возможно, углефицированный, с единичной прослойкой черного угля мощностью до 5см. Наблюдаются также редкие гнезда, по - видимому, угля.
- 109.7-111.0  
1.3 Уголь черный, местами, окремненный, кристаллизованный, раздробленный. Единичны вкрапленники и небольшие гнезда рудного минерала. С интервала 110.4м наблюдаются тонкие прослойки углистого алевролита.
- 111.0-115.8  
4.8 Туфопесчаник брекчированный, среднезернистый, голубовато-серый, с единичными обломками горных пород, достигающих в поперечнике 3 см. Порода хлоритизирована, карбонатизирована и, по-видимому, тектонически переработана.
- 115.8-120.7  
4.9 Туфолавы, туфы риолитового состава светло-серые, плотные, твердые. В основной массе, представленной вулканическим стеклом, наблюдаются вкрапленники кварца, плагиоклаза. Порода пористая. По порам и трещинам хлоритизирована, карбонатизирована, возможно, под тектоническим воздействием. С интервала 117,0м увеличивается кол-во темных обломков горных пород, местами, достигая в общей массе 10%.
- 120.7-132.0  
11.3 Туфопесчаник зеленовато-серый, грубозернистый, плотный с обломками горных пород- эффузивов, достигающих в поперечнике 1 см. Обломки пород слегка окатанные, угловатые. С интервала 126.0м порода раздроблена, интенсивно хлоритизирована, карбонатизирована. Размеры обломков горных пород увеличиваются, единичные доходят до 5-8см в поперечнике.

## Скважина 22 (1172)

<u>0,0-18,0</u> 18,0	Крупнообломочный материал (щебень, глыбы) различных по составу пород (туфобрекчии, лавобрекчии, андезиты, андезитобазальты, сцементированные песчанисто-глинистой массой). Большинство обломков интенсивно обохрено, хлоритизировано, карбонатизировано.
<u>18,0-24,0</u> 6,0	Лавобрекчии дацитового состава, серые, с желтовато-коричневым оттенком. Порода раздроблена, перемята, представлена, в основном, щебнистым материалом, хлоритизирована. Обломки интенсивно обохрены, хлоритизированы.

## Скважина 23 (1240)

<u>0,0-11,0</u> 11,0	Глыбы, щебень различных по составу пород (андезиты, базальты, туфобрекчии, лавобрекчии и т.д.). Обломки интенсивно обохрены, хлоритизированы, карбонатизированы.
<u>11,0-30,0</u> 19,0	Щебень, глыбы лавобрекчий риодацитов серых, с бурым оттенком. Обломки интенсивно обохрены, карбонатизированы, хлоритизированы.

- 3.0-54.0  
51.0 Лавобрекчии риодацитового состава, с коричневым оттенком, плотные, твердые, местами трещиноватые, на отдельных интервалах раздробленные. По трещинам обохрены. Порода, в целом, карбонатизирована. Сложена обломками горных пород и минералов, сцементированных вулканическим материалом (пепел, стекло). Обломки горных пород эффузивного происхождения, имеют размер до 3 см в поперечнике, единичные до 5-6 см, составляя до 20% от общей массы на отдельных интервалах. Большинство обломков обохрено. Обломки угловатые, реже слабоокатанные. Минералы: матовые зерна плагиоклазов, полупрозрачные зерна кварца, чешуйки биотита, роговая обманка. Единичны зерна рудного минерала.
- 54.0-55.7  
1.7 Лавобрекчии риодацитового состава, голубовато-серые, по минералогическому составу аналогичны вышеописанному. Обломки темных горных пород-эффузивов достигают 1 см в поперечнике, составляя приблизительно 10% от общей массы. Порода карбонатизирована.
- 55.7-64.0  
8.3 Лавобрекчии, серовато-коричневые, аналогичны интервалу 3.0-54.0м.
- 64.0-81.0  
17.0 Туфобрекчии серые с голубоватым оттенком, плотные, местами трещиноватые, по трещинам обохрены, карбонатизированы. Обломки горных пород и минералов сцементированы вулканическим стеклом и пеплом. Обломки горных пород угловатые, размером до 3 см. Минералы: плагиоклазы, кварц, биотит, роговая обманка, единичны зерна рудного минерала, карбонаты, гидроокислы железа. Порода, в целом, карбонатизирована.
- 81.0-90.6  
9.6 Туфопесчаник зеленовато-серый, плотный, мелкозернистый, трещиноватый, по трещинам обохренный с небольшим количеством обломков горных пород ( до 5%). Минералы: кварц, плагиоклазы, биотит. На интервале 89.80м - единичная прослойка угля мощностью 3см. Единичны вкрапленники и гнезда рудного минерала-пирита. Наблюдаются небольшие прослойки грубозернистого туфопесчаника и гравелитов.
- 90.6-91.1  
0.5 Углистый алевролитовый сланец, темно-серый, почти черный, раздробленный с прослойками угля, который частично кристаллизован. Порода карбонатизирована.

- 91.1-93.0  
1.9 Алевролит песчанистый, серый, по трещинам карбонатизирован, интенсивно хлоритизирован. На интервале 92,4-92,55м- прослойка грубозернистого песчаника, который интенсивно хлоритизирован.
- 93.0-97.1  
4.1 Туфопесчаник серый, до интервала 93,3м- светло-серый с зеленоватым оттенком, мелкозернистый, плотный, трещиноватый, по трещинам карбонатизирован, интенсивно хлоритизирован. На интервале 94,5-94,6м- прослойка грубозернистого песчаника зеленовато-серого, с наблюдаемой слоистостью, карбонатизированного, хлоритизированного.
- 97.1-99.0  
1.9 Уголь черный, раздробленный, местами окремненный с редкими прослойками (до 3см) серых алевролитов. На отдельных участках уголь кристаллизован. Наблюдаются единичные вкрапленники и гнезда рудного минерала-пирита. На инт. 97.4-97.5м-прослойка серой песчано-глинистой породы.
- 99.0-102.0  
3.0 Туфопесчаник светло-серый, местами с зеленоватым оттенком, мелкозернистый, с прослойками среднезернистого, грубозернистого песчаника. Порода трещиновата, карбонатизирована, со слабо выраженной слоистостью.
- 102-118.0  
16.0 Туфопесчаник светло-серый, плотный, твердый с обломками горных пород, размером до 1х1см. По трещинам карбонатизирован.

<u>3,0-8,0</u> 5,0	Современные отложения, представлены обломками (глыбы, щебень) лавобрекчий, туфобрекчий, песками.
<u>8,0-12,0</u> 4,0	Песчаник желтовато-серый, мелкозернистый. Шлам представлен обломками плотной, твердой породы, которая карбонатизирована, обохрена. Наблюдаются обломки минералов и горных пород.
<u>12,0-16,0</u> 4,0	Туфоалевролит буро-коричневый с редкими обломками горных пород-эффузивов. Порода слабо карбонатизирована, возможно, местами хлоритизирована.
<u>16,0-44,0</u> 28,0	Туфы, туфолавы, бледно-зеленые с обломками темных горных пород. Порода слабо карбонатизирована, хлоритизирована.
<u>44,0-56,0</u> 12,0	Туфоалевролит темно-коричневый, с обломками горных пород-эффузивов. Порода слабо карбонатизирована, хлоритизирована.
<u>56,0-65,0</u> 9,0	Туфобрекчии светло-серые с темными обломками горных пород. Шлам представлен обломками твердой, плотной породы. Из минералов наблюдаются плагиоклазы, кварц, редко биотит.
<u>65,0-189,0</u> 124,0	Туфобрекчии зеленовато-серые, плотные, твердые. Обломки горных пород-эффузивов угловаты, размером до 2-3см в поперечнике. Из минералов наблюдаются кварц, плагиоклазы, реже биотит, возможно, роговая обманка. Также наблюдаются обломки вулканического стекла, которое, вероятно, входит в состав основной цементирующей массы. Порода карбонатизирована, на отдельных интервалах хлоритизирована.

- 3.0-29.7  
26.7 Лавобрекчии дацитового состава, серые, с желтоватым, бурым оттенком, на отдельных интервалах раздробленные, трещиноватые, по трещинам интенсивно ожелезнены. Порода в целом карбонатизирована, хлоритизирована, состоит из обломков горных пород и минералов, сцементированных вулканическим пеплом и стеклом. Обломки горных пород-эффузивов-угловаты, размером до 1см в поперечнике, единичные до 3-4см, составляя на отдельных интервалах до 10% от общей массы. Минералы: плагиоклазы, кварц, биотит, гидроокислы железа, карбонаты, хлориты. Порода, в целом, интенсивно тектонически переработана.
- 29.7-40.5  
10.8 Туфопесчаник голубовато-серый, хрупкий, трещиноватый, по трещинам обохренный (ожелезненный). Порода карбонатизирована, хлоритизирована. На отдельных интервалах раздроблена. Наблюдаются единичные обломки темных горных пород, размером до 1см в поперечнике. Минералы: полуокатанные зерна кварца, плагиоклазы, биотит. С интервала 39.0м размер зерен чуть увеличивается, порода приобретает более темный цвет.
- 40.5-40.55  
0.05 Прослойка угля черного, плотного, по трещинам обохренного.
- 40.55-43.1  
2.55 Алевролит песчанистый, серый с зеленоватым оттенком, который приобретает за счет хлоритизации породы. Отдельные участки породы темно-серые, возможно углефицированы. Наблюдается слабая слоистость.
- 43.1-44.9  
1.8 Уголь бурый, буровато-черный, трещиноватый, местами раздробленный, окремненный. По трещинам карбонатизирован. Отдельные участки кристаллизованы. Наблюдается слоистость. Единичны вкрапленники пирита.
- 44.9-59.2  
14.3 Туфопесчаник голубовато-серый, брекчированный, хрупкий. Деформирован, рассланцован, перемят. Наблюдаются обломки горных пород, достигающих в поперечнике 1см, многие из которых частично, или полностью, замещены хлоритовой массой. Порода, в целом, интенсивно хлоритизирована, карбонатизирована. Наблюдаются редкие зерна плагиоклазов, кварца, биотита.

- 59.2-60.4  
1.2 Уголь черный, раздробленный, отдельные участки окремненные. Местами, уголь кристаллизован. По трещинам карбонатизирован.
- 60.4-64.8  
4.4 Алевролит, темно-серый, возможно углефицированный. Наблюдается слоистость. Видимое падение приблизительно  $15^{\circ}$ . Имеются небольшие прослойки светло-серого цвета, а также прослойки тонкозернистого песчаника.
- 64.8-67.2  
2.4 Алевролит, серый, интервал 65,3м- прослойка бурого угля, плотного, возможно окремненного, по трещинам карбонатизированного, мощностью 3см.
- 67.2-72.1  
4.9 Песчанистый алевролит серый с коричневым оттенком, трещиноватый, по трещинам, микротрещинам карбонатизирован. Отдельные участки-хлоритизированы. Наблюдаются округлые зерна кварца, плагиоклазы, чешуйки биотита.
- 72.1-78.0  
5.9 Туфолавы-туфы риолитового состава светло-серые, местами хлоритизированные, трещиноватые с обломками горных пород, темно-серых, угловатых, размером до 1см в поперечнике. Некоторые из них частично замещены хлоритовой массой.



<u>3.0-30.5</u> 27,5	Туфобрекчии голубовато-серые, плотные, твердые, на отдельных интервалах трещиноватые, по трещинам карбонатизированы. В основной массе выделяются темные обломки эффузивных горных пород и зерна минералов. Обломки пород темные, плотные, угловатые, размером до 1см в поперечнике, единичные до 3см, составляют в общей массе до 5-10%. Многие обломки обохрены. Минералы: плагиоклазы, кварц, чешуйки биотита, карбонаты.
<u>30.5-30.55</u> 0.05	Уголь черный, плотный, возможно, окремененный, по трещинам, микротрещинам- карбонатизирован.
<u>30.55-32.2</u> 1.65	Туфоалевролит, до интервала 32,4м -белесовато-серый, с интервала 32,4м- серый, плотный, твердый, тонкозернистый.
<u>32.2-32.4</u> 0.2	Глинистый сланец, зеленовато-серый, на отдельных участках темно-серый, возможно углефицирован, карбонатизирован.
<u>32.4-32.5</u> 0.1	Уголь черный, раздробленный, перемятый, возможно, окремененный.
<u>32.5-33.0</u> 0.5	Глинистый сланец, зеленовато-серый, аналогичный интервалу 32.2-32.4м.
<u>33.0-35.0</u> 2.0	Туфопесчаник сильно измененный, брекчированный, раздроблен. Трещиноватый, интенсивно хлоритизирован, карбонатизирован.
<u>35.0-38.8</u> 3.8	Туфопесчаник, зеленовато-серый, трещиноватый, на отдельных интервалах раздробленный, рассланцованный. Обломки темных горных пород-эффузивов имеют размер до 0,5см в поперечнике. По трещинам порода карбонатизирована, в целом, интенсивно хлоритизирована.
<u>38.8-40.5</u> 1.7	Туфопесчаник светло-серый, плотный, твердый, тонкозернистый.
<u>40.5-42.4</u> 1.9	Андезит темно-серый с зеленоватым оттенком, с порфиоровыми выделениями пироксенов. Порода трещиновата, по трещинам карбонатизирована, хлоритизирована. Мощность прожилков до 0,5см.

<u>42.4-43.5</u> 1.1	Туфопесчаник зеленовато-серый, среднезернистый, на отдельных интервалах- интенсивно перемятый, хлоритизированный, с единичными обломками горных пород.
<u>43.5-43.6</u> 0.1	Алевролит коричневатого-серый с тонкими прослойками угля. (до 0.3мм.).
<u>43.6-44.4</u> 0.8	Туфоалевролит серый, плотный, твердый, трещиноватый, по трещинам-карбонатизирован, отдельные участки-прослойки интенсивно хлоритизированы.
<u>44.4-45.1</u> 0.7	Туфопесчаник, темно-серый, на отдельных интервалах-зеленовато-серый, карбонатизированный, хлоритизированный, интервал 44,5-44,55м-прослойка угля, плотного, твердого с видимым углом напластования 15-18°, слегка обохренный, карбонатизированный.
<u>45.1-47.35</u> 2.25	Туфопесчаник, тонкозернистый, светло-серый, плотный, местами, вследствие хлоритизации приобретает зеленоватый оттенок.
<u>47.35-47.45</u> 0.1	Уголь черный, плотный, твердый, окремненный, трещиноватый, по трещинам-карбонатизирован.
<u>47.45-48.0</u> 0.55	Андезит зеленовато-серый, плотный, трещиноватый, по трещинам карбонатизирован, хлоритизирован с порфиловыми выделениями пироксена.
<u>48.0-63.9</u> 15.9	Туфопесчаник брекчированный, раздробленный, перемятый, интенсивно хлоритизированный, карбонатизированный.
<u>63.9-64.7</u> 0.8	Уголь черный, перемятый, местами окремненный, трещиноватый, по трещинам карбонатизирован, с мелкими прослойками песчано-глинистой породы.
<u>64.7-66.0</u> 1.3	Алевролит песчанистый, серый, местами темно-серый, возможно углефицированный, на отдельных интервалах с зеленоватым оттенком. По трещинам - карбонатизирован, хлоритизирован.
<u>66.0-72.5</u> 6.5	Алевролит, бурый-коричневый, местами плотный, твердый. По трещинам хлоритизирован, карбонатизирован.
<u>72.5-90.0</u> 17.5	Туфолавы, туфы риодацитового и риолитового состава, светло-серые с зеленоватым оттенком. Обломки темных горных пород угловатые, имеют размер до 3см в поперечнике.

<u>3.0-10.0</u> 7.0	Туфобрекчии, голубовато-серые, обломки твердой плотной породы. Из минералов наблюдаются кварц, плагиоклазы, биотит, единичные обломки рудных минералов. Некоторые обломки обохрены.
<u>10.0-44.5</u> 34.5	Лавобрекчии риодацитового состава, серые с коричневым оттенком, твердые, плотные, местами трещиноватые, обохрены. По трещинам хлоритизированы, карбонатизированы. В основной массе выделяются темные обломки пород и минералов. Обломки горных пород- эффузивов, угловатые, размером до 10см в поперечнике. Из минералов наблюдаются зерна кварца, чешуйки биотита, плагиоклазы.
<u>44.5-48.0</u> 3.5	Лавобрекчии риодацитового состава, голубовато-серые, по минералогическому составу аналогичны вышеописанному.
<u>48.0-50.8</u> 2.8	Лавобрекчии коричневатого-серые. Аналогично интервалу 12.0-44.5м.
<u>50.8-51.5</u> 0.7	Лавобрекчии голубовато-серые, аналогичные 44,5-48,0м.
<u>51.5-54.0</u> 2.5	Лавобрекчии коричневатого-серые, аналогичные интервалу 12,0-44,5м.
<u>54.0-58.8</u> 4.8	Лавобрекчии голубовато-серые, аналогично инт. 44,5-48,0м.
<u>58.8-59.4</u> 0.6	Лавобрекчии коричневатого-серые, аналогично инт. 12,0-44,5м.
<u>59.4-60.0</u> 0.6	Лавобрекчии голубовато-серые, аналогично инт. 44,5-48,0м.
<u>60.0-62.8</u> 2.8	Лавобрекчии коричневатого-серые, аналогично инт. 12,0-44,5м, с интервала 61.5м - раздроблены, обохрены.
<u>62.8-66.4</u> 3.6	Лавобрекчии голубовато-серые, аналогично инт. 44.5-48.0м.
<u>66.4-68.2</u> 1.8	Лавобрекчии коричневатого-серые, аналогично инт. 12.0-44.5м.
<u>68.2-75.2</u> 7.0	Лавобрекчии голубовато-серые, аналогично инт. 44.5-48.0м.

<u>75.2-99.0</u> 23.8	Туфобрекчии зеленовато-серые, плотные, твердые, местами трещиноватые, по трещинам карбонатизированы. В основной массе наблюдаются обломки горных пород и минералов. Обломки горных пород плотные, твердые, представлены эффузивами, угловатые, размером до 2см в поперечнике. Некоторые из них ожелезены, хлоритизированы. Минералы: кварц, плагиоклазы, чешуйки биотита, единичны зерна рудных минералов, карбонаты, хлориты.
<u>99.0-106.2</u> 7.2	Туфопесчаник серый, светло-серый, плотный, твердый с угловатыми полуокатанными обломками горных пород, размером до 0,5см в поперечнике, составляющими в общей массе до 5%. Минералы: кварц, биотит, плагиоклазы, по трещинам-карбонаты.
<u>106.2-112.2</u> 6.0	Туфопесчаник зеленовато-серый, местами рыхлый, раздробленный, сильно трещиноватый, по трещинам карбонатизирован, хлоритизирован.
<u>112.2-114.0</u> 1.8	Туфопесчаник серый, местами с зеленоватым оттенком, плотный, твердый, с обломками эффузивных горных пород. Обломки угловатые, реже полуокатанные, составляют до 5% от общей массы.
<u>114.0-116.8</u> 2.8	Туфоалевролит серый, местами темно-серый, трещиноватый, слегка карбонатизированный.
<u>116.8-117.2</u> 0.4	Туфопесчаник светло-серый, мелкозернистый, плотный, твердый, с редкими гнездами, тонкими прослойками угля (до 3мм).
<u>117.2-118.5</u> 1,3	Уголь черный, местами кристаллизован, окремнен, по трещинам карбонатизирован, с прослойками серого песчаника, плотного, твердого, мелкозернистого.
<u>118.5-119.8</u> 1.3	Туфопесчаник светло-серый, плотный, с тонкими прослойками угля, со слабой слоистостью под углом 12-15°.
<u>119.8-136.3</u> 16.5	Туфопесчаник, туфоконгломерат, брекчированный, раздробленный, интенсивно карбонатизированный, хлоритизированный с обломками горных пород, окатанных, частично, замещенных хлоритовой массой.
<u>136.3-137.6</u> 1,3	Уголь, частично окремненный, трещиноватый, слегка карбонатизированный.

<u>137.6-147.0</u> 9.4	Алевролит серый, с прослойками темно-серых алевролитов, возможно, с прожилками угля. Наблюдается слоистость.
<u>147.0-149.8</u> 2.8	Глинистый сланец, светло-серый, раздробленный, местами обохренный, со слабой слоистостью -15-18 .
<u>149.8-151.0</u> 1.2	Туфопесчанник светло-серый, плотный, твердый.
<u>151.0-156.0</u> 5.0	Алевролит буро-коричневый, местами, по трещинам хлоритизирован, карбонатизирован.

<u>3.0-18.7</u> 15.7	Современные отложения, представленные песками, суглинками с обломками( щебень, глыбы) лавобрекчий риодацитов, желтовато-серых, серых с угловатыми обломками основных эффузивных пород.
<u>18.7-20.5</u> 1.8	Алевролит темно-серый, серый, местами, с зеленоватым оттенком, перемятый, раздробленный, на отдельных участках обохрен. Порода, в целом, карбонатизирована..
<u>20.5-22.2</u> 1.7	Туфопесчаник светло-серый с зеленоватым оттенком. Порода раздроблена, хлоритизирована, карбонатизирована.
<u>22.2-22.6</u> 0.4	Уголь.
<u>22.6-24.0</u> 1.4	Алевролит темно-серый, раздроблен, карбонатизирован, хлоритизирован.
<u>24.0-27.0</u> 3.0	Туфопесчаник серый с зеленоватым оттенком, брекчированный, среднезернистый,
<u>27.0-29.6</u> 2.6	Туфопесчаник серый, плотный, твердый, мелкозернистый, трещиноватый, по трещинам карбонатизирован.
<u>29.6-30.2</u> 0.6	Уголь
<u>30.2-31.0</u> 0.8	Туфоконгломерат зеленовато-серый, обломки представлены средними эффузивными породами. Размер обломков достигает до 10см в поперечнике.
<u>31.0-36.5</u> 5.5	Алевролит серый, местами, зеленовато-серый, трещиноватый. Порода карбонатизирована, хлоритизирована.
<u>36.5-45.0</u> 8.5	Туфопесчаник серый, плотный, твердый, местами трещиноватый, по трещинам обохренный, карбонатизированный. Местами, порода приобретает зеленовато-серый цвет, по-видимому, вследствие хлоритизации породы. Наблюдаются единичные обломки горных пород.

<u>3,0-21,5</u> 18,5	Лавобрекчии риодацитового состава, голубовато-серые, на отдельных интервалах (мощностью до 20см) приобретают коричневато-буро-серый цвет, плотные, твердые, слабо трещиноватые, по трещинам обохрены, карбонатизированы. Обломки горных пород сцементированы вулканической массой (стекло, пепел). Обломки горных пород угловатые, размером до 3см в поперечнике, представлены основными, средними эффузивными породами. Некоторые обломки по краям ожелезнены, хлоритизированы. Из минералов наблюдаются кварц, плагиоклазы, чешуйки биотита, единичны зерна рудного минерала.
<u>21,5-64,4</u> 42,9	Базальт темно-серый, почти черный, плотный, твердый, трещиноватый, по трещинам карбонатизирован, местами обохрен, хлоритизирован. В основной массе выделяются вкрапленники пироксенов. По всей видимости данная порода представляет собой секущее тело-силлу.
<u>64,4-93,9</u> 29,5	Туфопесчаник светло-серый, мелкозернистый, плотный, твердый, с редкими обломками горных пород, размером до 0,5см в поперечнике. Из минералов наблюдаются мелкие зерна кварца, чешуйки биотита. Единичны обломки темной черной породы с волокнистым строением, по всей видимости, окремненным углем, плотным, твердым, размером до 1х1см.
<u>93,9-94,5</u> 0,6	Туфопесчаник серый, среднезернистый, плотный, средней твердости. По составу аналогичен вышеописанному. Порода карбонатизирована, менее хлоритизирована.
<u>94,5-96,1</u> 1,6	Алевролит темно-серый, на отдельных интервалах раздроблен. Слабо карбонатизирован.
<u>96,1-97,4</u> 1,3	Конгломерат. Обломки горных пород, размером до 1х1см, окатанные, представлены, в основном, эффузивными породами, сцементированы песчанистой массой. Многие обломки частично, реже полностью, замещены хлоритовой массой. Порода карбонатизирована.
<u>97,4-99,2</u> 1,8	Глинистый сланец серый, местами темно-серый, слабо трещиноватый, по трещинам карбонатизирован, с прослойками конгломератов, песчаников, мощностью до 20см.

<u>99,2-106,6</u> 7,4	Алевролит коричневый, местами с серовато-зеленоватым оттенком, с прослойками грубозернистого песчаника, серого, мощностью до 20см. Порода трещиновата, по трещинам хлоритизирована, карбонатизирована.
<u>106,6-109,7</u> 3,1	Туфобрекчия, туфоконгломерат. Обломки пород окатанные, слабоокатанные, реже угловатые. Размер обломков до 2см в поперечнике, единичные до 7-8см. Порода карбонатизирована. Многие обломки частично, некоторые- полностью, замещены хлоритовой массой. До интервала 106,5м- порода имеет розовато-серый оттенок, далее зеленовато-серый.
<u>109,7-110,4</u> 0,7	Туфопесчаник серый, с редкими обломками горных пород, размером до 0,5х0,5см, единичные обломки- 3х3см. Обломки темно-серой плотной эффузивной породы. Из минералов наблюдается кварц, биотит.
<u>110,4-111,0</u> 0,6	Туфоконгломерат пестроцветный, обломки различных пород частично хлоритизированы, карбонатизированы.
<u>111,0-123,0</u> 12,0	Туфопесчаник, серый, на отдельных интервалах зеленовато-серый, плотный, твердый, местами трещиноватый, по трещинам-карбонатизированный, хлоритизированный. Местами, интенсивно ожелезненный. Из минералов наблюдаются кварц, биотит.



<u>3,0-20,8</u> 17,8	Туфы, туфолавы риолитового состава желтовато-серые, на отдельных интервалах-голубовато-серые, плотные, твердые, местами трещиноватые, по трещинам интенсивно обохренные, карбонатизированные. Обломки горных пород и минералов сцементированы вулканической массой( стекло, пепел). Обломки горных пород-эффузивов угловатые, размером до 2см в поперечнике. Из минералов наблюдаются плагиоклазы, кварц, биотит.
<u>20,8-21,3</u> 0,5	Туфопесчаник голубовато-серый, плотный, средней твердости с обломками горных пород, размером до 1х1см. Наблюдаются единичные гнезда угля (0,5см х 0,5см). Порода по трещинам карбонатизирована, на отдельных участках хлоритизирована.
<u>21,3-22,5</u> 1,2	Уголь черный, выветрелый, трещиноватый, раздробленный, по трещинам обохренный с отдельными, плотными, твердыми участками, возможно окремненными.
<u>22,5-23,7</u> 1,2	Туфопесчаник голубовато-серый, среднезернистый, раздробленный, трещиноватый, по трещинам интенсивно обохрен, карбонатизирован, с обломками горных пород-эффузивов, размером до 1 см в поперечнике.
<u>23,7-42,0</u> 18,3	Туфопесчаник серый с легким розоватым оттенком, плотный, твердый, трещиноватый, на отдельных интервалах раздроблен, интенсивно обохрен.
<u>42,0-51,0</u> 9,0	Андезит голубовато-серый, плотный, твердый, на отдельных интервалах трещиноватый, по трещинам обохренный, карбонатизированный. В основной массе выделяются порфиновые выделения пироксенов, плагиоклазов.

<u>3,0-27,0</u> 24,0	Современные отложения (пески, суглинки с глыбами, щебнем лавобрекчий).
<u>27,0-32,5</u> 5,5	Туфобрекчии серые с бурым оттенком, плотные, твердые с обломками горных пород, размером до 1х1см. Из минералов наблюдаются кварц, плагиоклазы, биотит. Порода трещиновата, по трещинам карбонатизирована, обохрена.
<u>32,5-36,4</u> 3,9	Алевролит серый с зеленоватым оттенком, раздроблен, трещиноватый, по трещинам- слабо карбонатизированный. Наблюдаются редкие зерна кварца.
<u>36,4-40,5</u> 4,1	Алевролит буро-коричневый, раздробленный, трещиноватый, по трещинам карбонатизированный.
<u>40,5-45,4</u> 4,9	Туфопесчаник серый, брекчированный, раздробленный, карбонатизированный, с обломками горных пород, которые, частично, замещены карбонатной массой.
<u>45,4-49,3</u> 3,9	Туфопесчаник светло-серый, плотный, твердый с обломками горных пород-эффузивов, размером до 2х2см.
<u>49,3-50,5</u> 1,2	Уголь черный, на отдельных участках плотный, возможно окремненный, окварцован, карбонатизирован, некоторые обломки имеют слабое волокнистое строение.
<u>50,5-55,5</u> 5,0	Алевролит серый, местами плотный, с прослойками разномзернистых песчаников (от мелко- до крупнозернистых). Порода раздроблена, трещиновата, карбонатизирована, хлоритизирована.
<u>55,5-56,5</u> 1,0	Туфы риолитового состава, светло-серые с бурым оттенком, плотные, твердые, трещиноватые, по трещинам обохрены. Отдельные участки слабо карбонатизированы.

## **Appendix C**

**Thin Section Descriptions, in English, from samples of the  
Antaramut-Kurtan-Dzoragukh Coal Field**

## Outcrop 2

### Andesite

The texture is porphyritic and the groundmass is fluidal. The groundmass makes up 70% and the phenocrysts make up 30% of the total mass. Phenocrysts are represented by plagioclase (15%), monoclinic pyroxene (clinopyroxene) (7%), and olivine (3%). Accessory minerals include apatite (~1%), magnetite (2%), and pyrite (1%). Secondary minerals include chlorite (1.5%), epidote (1%), zeolite (2.5%), and carbonate (1.5%). Secondary minerals are developed mainly in the groundmass.

Groundmass consists of microlites of plagioclase and brown and dark gray volcanic glass and is distinguished by fluidal texture. Within the groundmass occur chlorite and granular masses of epidote and zeolite. Areas along microfractures are slightly carbonatized.

Plagioclase forms idiomorphic, tabular, grayish white crystals. Plagioclase is also a component of the fluidal groundmass as microlites. Twinning is typical in the plagioclases. The composition of the plagioclase corresponds to the composition of andesine-labradorite range (An 35-55). Refractive index of the plagioclase, throughout the sample, is higher than the refractive index of Canada balsam (1.54). A portion of the plagioclase is slightly subjected to saussuritization, giving it gray coloring.

Monoclinic pyroxene forms prismatic crystals, is colorless, with a high relief and typical basal section. The angle of extinction is  $cNg = 43^\circ$  and birefringence  $Ng-Np$  is 0.028.

Olivine is represented by thick tabular crystals and by spheroidal grains. It is colorless and has a high relief. Its angle of extinction is right ( $90^\circ$ ). The olivine is characterized by irregular fractures and high birefringence ( $Ng-Np = 0.040$ ).

Apatite is colorless and composed of oblong acicular crystals. Its angle of extinction is right ( $90^\circ$ ), birefringence is low ( $Ng-Np = 0.002$ ), and relief is high.

Ore minerals are black, brownish black, and brown.

## Outcrop 3

### **Volcanic Breccia of Dacitic Composition**

The texture is crystalloclastic [made up of fragments of minerals], with vitroclastic [composed of fragments of volcanic glass], and lithoclastic [made up of fragments of rocks] elements. The groundmass is composed of volcanic ash, with inclusions of sharply angular fragments of plagioclase, amphiboles, and rarely quartz. The volcanic glass includes fragments of tuffites, acidic and basic extrusive rocks. The rock, along the microfractures, is slightly subjected to chloritization, carbonatization, and silicification.

Plagioclase is colorless and gray and forms tabular and angular crystals. The composition of the plagioclase corresponds to the andesine-labradorite series. Part of the crystals has been subjected to saussuritization.

Amphibole is represented by hornblende with well defined pleochroism: on Ng - olive green and on Np - light yellow green, and angle of extinction  $cNg = 22^\circ$ . Birefringence is equal to 0.021.

Quartz is white and the grains are round and angular. It has an undulatory extinction and the angle of refraction is higher than the angle of refraction of Canada balsam. Birefringence does not get above 0.009.

Apatite forms oblong acicular crystals.

Ore minerals are black and brown.

Rock fragments are represented by andesites and rarely by quartzites and siltstones.

## Outcrop 4

### **Andesite Fragment** **(within Tuff Breccia)**

The texture is hyalopilitic. Phenocrysts total about 40% of the total mass. Porphyritic phenocrysts are represented by plagioclase (20%), amphibole (8%), and biotite (3%). Accessory mineral is apatite (1%). Ore mineral is magnetite (1.5%). Secondary minerals are chlorite (2%), epidote (1%), and carbonate (4%).

Groundmass consists of microlites of plagioclase and grayish green volcanic glass. The angle of refraction of the volcanic glass is higher than that of Canada balsam. Groundmass is slightly carbonatized and chloritized, and relatively rarely epidotized.

Plagioclase forms tabular crystals, is colorless, and both twinned and zoned varieties are present. Saussuritized crystals are gray. The mineral is weakly deformed, and as a result, some of the grains are broken by microfractures, and silicification and carbonitization have occurred. The composition of plagioclase varies within the limits of An 33-56, which corresponds to andesine-labradorite series. In every measurement, the angle of refraction is higher than the angle of refraction of Canada balsam.

Amphibole is represented by green hornblende with typical pleochroism: on Ng - green and on Np - yellowish green,  $cNg = 25^\circ$ ,  $Ng-Np = 0.24$ . Some of the amphibole grains, along their edges and along the microfractures, are chloritized.

Biotite is dark brown with well defined pleochroism: on Ng - dark brown and on Np - pale yellow. Extinction is straight and birefringence is high (0.050).

Apatite is represented as oblong prismatic microcrystals. Extinction is straight, relief is relatively high, and birefringence is low (0.020).

Ore minerals are represented by magnetite and pyrite with typical square shape.

## Outcrop 5

### **Rhyolitic Lava Breccia**

The texture of the lava portion is fluidal. The rock consists of groundmass (60%), phenocrysts (40%), and fragments of heterogeneous rock. The phenocrysts are composed of plagioclase (15%), quartz (20%), apatite (0.5%), zircon (<0.5%), and ore minerals. Groundmass consists of microlites and volcanic glass. Rock debris are represented by extrusive rocks of medium and acidic composition.

Groundmass is gray and in some places greenish. At high magnification, the microlite crystals and shapeless grains of quartz can be observed. Part of the groundmass has been subjected to carbonatization and silicification. In some places, the carbonates form rhombohedral crystals. Fragments enveloped by lava are represented by plagioclase, quartz, and extrusive rocks of acidic composition.

Plagioclase is colorless and gray, forming tabular prismatic twinned or zoned crystals. The composition varies between An<sub>20-50</sub>, corresponding to andesine-labradorite. Everywhere the angle of refraction is higher than the angle of refraction of Canada balsam. In some places, the plagioclase crystals have inclusions of oblong microcrystals of apatite and inclusions of volcanic glass.

Quartz is white and colorless and forms grains that are round and angular. Extinction is undulatory, birefringence is not high (0.008).

Apatite forms oblong microcrystals both within the groundmass and as inclusion in the grains of quartz and plagioclase.

Zircon is colorless and microcrystalline. Relief is variable. Birefringence is high (0.055).

Ore minerals form round and shapeless grains and their color is black and brownish black.

### **Rhyodacitic Volcanic Breccia**

The texture is crystalloclastic [composed of mineral fragments] with phenocrysts. Groundmass makes up 70%, phenocrysts make up 20% of the rock and are represented by plagioclase (10%), quartz (7%), hornblende (1%), and biotite (2%). Accessory minerals are apatite (0.5%) and zircon (trace microcrystals). Secondary minerals (5%) are chlorite, chlorite-biotite, carbonate, zeolite, and ore minerals. Rock fragments in the groundmass make up about 10% and are represented by dacites, tuff sandstones, and extensively altered extrusive rocks.

Groundmass is greenish gray and yellowish gray, with inclusions of microlites of feldspar, extrusive rock fragments, plagioclase, quartz, and tuff sandstones. The groundmass is partially chloritized and carbonatized.

Plagioclase is colorless and white, and the altered varieties are gray. The crystal forms are tabular, prismatic, or angular with twins. The composition of plagioclase varies from oligoclase to labradorite (An 25-56). Zoned plagioclases are also present, and the centers of these are more basic in composition (An 50-56).

Quartz is colorless and transparent, with the grains having irregular forms. Extinction is undulatory and birefringence is the typical 0.009. The angle of refraction is higher than the angle of refraction of Canada balsam.

Hornblende forms short columnar crystals and is green with well defined pleochroism: on Ng - green on Np - light green,  $N_g - N_p = 0.018$ ,  $cN_g = 17^\circ$ .

Biotite forms fine flakes with perfect cleavage. It is dark brown with well defined pleochroism; on Ng - dark brown, on Np - gray yellow. Extinction is straight and birefringence is equal to 0.048. The dominant part of the biotite is developed over the groundmass, often synchronously with chlorite. Some of the biotite grains are opacitized, becoming brown in color as a result.

Chlorite is pale green and green and forms flakes and radiate fibrous aggregates and cleavage is perfect. The green variety of chlorite shows well defined pleochroism from green to light yellow. Birefringence varies within the broad limits of 0.006 to 0.015. The groundmass is substituted mainly by chlorite and relatively rarely by biotite and plagioclase.

Carbonate is colorless and gray, and is slightly developed along the microfractures in the groundmass.

Zeolite occurs as rare, colorless areas of fibrous texture. The angle of refraction is higher than that of Canada balsam.

Apatite is colorless and forms oblong acicular crystals. The angle of extinction is  $90^\circ$ , birefringence is low (0.003), and the angle of refraction is high - higher than that of plagioclase and quartz.

Zircon is colorless and forms short columnar rounded crystals. It is distinguished by a high birefringence (0.055).



### **Porphyritic Rhyodacite**

The texture is felsitic with phenocrysts. Phenocrysts make up 60% of the thin section and are represented by plagioclase (60%), quartz (20%), hornblende (10%), and biotite (10%). Accessory minerals are apatite and zircon. Secondary minerals are chlorite, potash feldspar, and quartz. Ore minerals are also present.

Groundmass is yellow gray and greenish gray, and in some places reddish brown with microlites of feldspar. The volcanic glass is partially deformed, and as a result, part of the glass is transformed into cryptocrystalline felsitic aggregates which consist of microcrystals of feldspar and quartz.

Plagioclase is white and colorless. It forms tabular crystals and is rarely zoned. The center of the zoned plagioclases have a basic composition (An 50-55 = labradorite) and the edges of the zoned plagioclases are more acidic in composition (An 25-35 = oligoclase). Crystals of plagioclase have inclusions of volcanic glass and acicular microcrystals of apatite and zircon.

Quartz is colorless and transparent and forms round and shapeless grains. Birefringence is equal to 0.009 and extinction is undulatory. The refractive index is higher than the refractive indices of volcanic glass and Canada balsam. In addition to primary quartz, there is a small amount of secondary quartz, which developed along the microfractures and along the edges of the plagioclase crystals, sometimes synchronously with potash feldspar.

Hornblende forms short prismatic crystals and rarely basal sections of hexagonal shape with an angle of 124°. Without the analyzer, the hornblende is green with well defined pleochroism: on Ng - olive green and on Np - pale yellow green,  $Ng-Np = 0.025$ ,  $cNg = 18^\circ$ . In some places, hornblende is slightly opacitized and corroded along its edges.

Biotite is dark brown with well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - pale yellow,  $Ng-Np = 0.060$ . Extinction is straight. A small part of the biotite is reddish brown and together with the chlorite is developed over the groundmass.

Chlorite is pale green and bluish green with typical pleochroism: on Ng - green, on Np - light yellow. Chlorite is developed over the groundmass, partially encroaching the grains of plagioclase, biotite, and hornblende.

Apatite is colorless and forms oblong, acicular monocrystals located inside of grains of plagioclase and quartz, and more rarely in the groundmass.

Zircon is colorless and its relief is high. Birefringence is equal to 0.055. It forms fine round microcrystals inside of grains of plagioclase and quartz.

Ore minerals are black and brownish black and opaque.

### **Dacitic Volcanic Breccia**

The texture is lithoclastic [composed of rock fragments], partially felsitic. The rock consists of groundmass, porphyritic phenocrysts, and fragments of different minerals and extrusive rocks. Phenocrysts make up 30% of the thin section and are represented by plagioclase (15%), quartz (10%), biotite (4%), accessory apatite (1%), and ore minerals (1.5%). There are also traces of secondary minerals chlorite, carbonate, albite, and quartz.

Plagioclase is colorless and forms idiomorphic, tabular twinned crystals. The composition of the plagioclase corresponds to the composition of andesine-labradorite series (An 30-55). A majority of the plagioclase crystals are deformed and fractured. Along the microfractures and along the edges of the grains, the plagioclase is subjected to carbonatization and silicification and rarely albitization.

Quartz is colorless and forms spheroidal and irregularly shaped grains. In some places, the grains are deformed and have microfractures. Birefringence is low (0.009). In addition to the primary quartz, there is a small amount of secondary quartz in the rock, which has developed over the groundmass and plagioclase.

Biotite is platy and dark brown with well defined pleochroism; on Ng - dark brown, on Np - pale yellow. Extinction is straight and birefringence is high (0.055). A small part of the biotite has a reddish brown and brown color with poorly defined pleochroism.

Apatite is gray and grayish brown and forms oblong acicular microcrystals, and rarely hexagonal shapes in cross section. Acicular microcrystals are found between the grains of plagioclase and quartz and hexagonal crystals in the groundmass.

Albite is colorless and developed over the edges of the plagioclase grains and along the microfractures within the plagioclase. It forms fine flexuous shoe strings and lines. Birefringence is equal to 0.011. The refractive index is lower than the refractive indices of quartz and Canada balsam, but is higher than that of volcanic glass.

Chlorite is bluish green and dirty green. The bluish green variety is developed over andesite fragments and the dirty green variety is developed over the groundmass and over the porphyritic phenocrysts of plagioclase. Birefringence is low (0.008).

Epidote is pale green and developed over the groundmass synchronously with chlorite. Birefringence is high (0.051) with characteristic anomalous interference color.

Carbonate is colorless and is developed over the groundmass and along microfractures of plagioclase. It forms granular masses and relatively rarely it forms well formed crystals with the characteristic phenomenon of pseudo-absorption. Birefringence is high (0.17) with pearly interference color.

### **Carbonaceous Polymictic Sandstone**

The texture is coarse grained. This sandstone has a carbonate cement (15%). The rock consists of carbonaceous material (8%), slightly rounded fragments of extrusive rocks (30%), and quartz (15%), plagioclase (30%), biotite (1.5%), and apatite (<1%). The rock as a whole is deformed and subjected to carbonatization and, to a lesser extent, to silicification.

Carbonaceous material is black and brownish black and opaque. In some places, along the edges of the coaly material, it is semi-transparent. It has an irregular form and the size ranges from 0.2 by 0.3 mm to 0.7 to 0.5 mm.

Extrusive rock debris are represented by andesites with phenocrysts of basic plagioclase with typical twinning. The groundmass of the rock debris consists of altered brown volcanic material and of fine laths of feldspar. The size of the debris ranges from 0.5 by 0.8 mm to 0.9 by 1.6 mm. Mineral debris are represented by plagioclase, quartz, biotite, and apatite.

Plagioclase is colorless and slightly rounded. Both twinned and zoned plagioclases are present. The refractive index of the plagioclase, everywhere, is higher than the refractive indices of Canada balsam and quartz. The size of the plagioclase varies from 0.2 by 0.6 mm to 0.7 by 1.5 mm.

Quartz is colorless, microfractured, angular, and rarely spheroidal. Some quartz grains have typical undulatory extinction and the birefringence is equal to 0.009. Index of refraction is higher than the index of refraction of Canada balsam. The grain size varies from 0.3 by 0.7 mm to 0.8 by 1.2 mm.

Biotite forms fine flakes. It is dark brown with well developed pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - pale yellow. It has straight extinction and the birefringence is high (0.56). The size of the biotite flakes reach 0.2 by 0.8 mm.

Apatite is colorless and is found as acicular crystals located inside of quartz and plagioclase grains. In addition, it is present in the cement as fine short columnar crystals.

Carbonate is gray and colorless and composes the cement. Carbonate is observed as granular masses and well formed crystals with typical pearl coloring. Birefringence is high (0.17). Carbonates are interpreted to have formed from secondary hydrothermal metasomatisms.

### **Carbonaceous Polymictic Sandstone**

The texture is coarse grained. This sandstone has a carbonate cement and is partially pyroclastic. The rock consists of carbonaceous material (9%), extrusive rock debris (38%), quartzite (5%), plagioclase (20%), quartz (15%), chalcedony (1.5%), biotite (1.5%), and ore minerals (1%). The cement makes about 10% of the thin section surface. The rock is intensively carbonatized and relatively less silicified. Most of the rock and mineral debris are slightly oblong and aligned and a few are rounded.

Carbonaceous material is black, opaque, and shapeless. The size of the particles range from 0.2 by 0.5 mm to 0.6 by 0.9 mm.

Extrusive rock debris are gray and brownish gray with a greenish tinge. Phenocrysts of basic twinned plagioclases are abundant and their composition corresponds to andesine (An 35-45). The volcanic glass groundmass is greenish gray with plagioclase laths. The size of the debris range from 0.2 by 0.44 mm to 0.5 by 1 mm.

Quartzite is gray, angular, and cryptocrystalline with rare porphyritic insets of plagioclase. The sizes of the crystals range up to 0.3 by 0.8 mm.

Plagioclase is colorless, angular, and rarely spheroidal. The plagioclase includes acicular apatite and microcrystals of zircon. Part of the plagioclase along the microfractures in the plagioclase and along the edges of the grains is subjected to carbonatization and rarely to silicification. The size of the grains range from 0.2 by 0.4 mm to 0.6 by 1 mm.

Quartz is colorless forming angular and rounded grains that are slightly aligned. The quartz grains contain acicular crystals of apatite and rutile. Birefringence is equal to 0.009. Extinction varies from sharp to undulatory. In addition to the quartz debris, there are fine grained masses of secondary quartz, which are developed along the microfractures of the rock.

Chalcedony is present with typically zoned spheroidal texture. The refractive index is lower than quartz and close to the index of Canada balsam.

Biotite forms fine plates which are deformed. The color is dark brown with well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - pale yellow. In some places, dirty green chlorite has developed over the biotite.

Apatite is colorless and gray and forms acicular and short columnar microcrystals. The relief is high.

Carbonate is colorless and is present in two varieties - crystalline calcite and gray granular masses. Carbonate is interpreted to be the result of secondary hydrothermal metasomatism.

**Coal**

Coal is thinly laminated, brown and black, and opaque. The thin laminations result from the interstratification of brown and black coal. The black laminations are bordered by fine streaks of quartz. Orange spores, with sizes ranging from 0.2 by 0.3 mm to 0.3 by 0.5 mm, are present.

**Coal**

Coal is brown, thinly laminated, and silicified along the microlamination planes. The horizontal microlaminations, in some places, are intersected by transverse microfissures, along which the coal is carbonatized and rarely silicified. Shapeless semi-transparent orange spores are present within the coal.

**Coal**

Coal is black and opaque. Intensive silicification and rare carbonatization occur along the horizontal microlaminations. Secondary hydrothermal metasomatic changes occur on more than 20% of the thin section.

### Rhyodacite

The texture is vitroclastic [composed of volcanic glass fragments] and partially felsitic. The sample consists of groundmass (60%), potash feldspar (20%), plagioclase (10%), quartz (8%), chalcedony (1%), ore minerals (1%), and sphene. Debris of minerals are slightly aligned. The rock is slightly carbonatized.

Groundmass is gray and greenish gray and consists of volcanic glass which has been partially devitrified with the formation of cryptocrystalline material, which consists of quartz and feldspar. In addition, most of the groundmass is chloritized and rarely carbonatized.

Potash feldspar is colorless, but as a result of weathering, it acquires a grayish brown and brown color. It has tabular and irregular angular shapes. Refractive index, everywhere, is higher than the refractive index of Canada balsam. The feldspar grains contain inclusions of volcanic glass and ore minerals.

Plagioclase is colorless and forms tabular, twinned crystals. Occasionally, zoned crystals are present. Much of the plagioclase is subjected to saussuritization and, as a result, zoisite and albite are formed over the plagioclase.

Quartz is colorless, and in comparison to the feldspar is less altered. Quartz appears as rounded and angular forms. Quartz in the groundmass has a cryptocrystalline granular texture.

Chalcedony is gray and brownish gray and forms radiate fibrous grains. Refractive index is higher than the refractive index of Canada balsam, but lower than that of quartz. The chalcedony contains microinclusions of apatite.

Sphene is pale green and shows weak pleochroism. The crystals are rectangular in shape.

Chlorite is pale and dirty green. Chlorite is developed both in the groundmass and over feldspars. It has a weak pleochroism: on Ng - pale green, on Np - pale yellow green,  $N_g - N_p = 0.014$ .

Carbonate is gray, found as microgranular masses, and is developed in the groundmass of the rock.

Ore minerals are black and opaque.



**Dacitic Tuff**

The texture is crystalloclastic [made up of mineral fragments] and partially lithoclastic [composed of rock fragments] or crystallolithoclastic [composed of both mineral fragments and rock fragments]. Mineral debris is more abundant than rock debris in this rock. The sample consists of groundmass (50%), rock debris (10%), plagioclase (20%), quartz (7%), hornblende (3%), biotite (2%), accessory minerals (1.5%) of apatite and rutile, ore minerals (2%) of magnetite and pyrite, and secondary minerals of chlorite (3%) and zeolite (0.5%).

Groundmass is greenish gray and gray. It consists of volcanic glass and partially of volcanic ash. The groundmass has been subjected to devitrification-crystallization and, as a result, the majority of the volcanic glass has been transformed into holocrystalline masses with relict volcanic glass. The crystallized masses, under increased magnification in translucent light, show the masses have fine microcrystals of crystalline silica (- cristobalite) and chlorite. In some places, the masses have formed aggregates with radiate fibrous texture. The relicts of volcanic glass have different sizes and forms, including crescent and curved forms, as well as others.

Rock debris have irregular forms and are composed of andesite and spilite. These rock debris have intensively altered groundmasses with laths and microlites of plagioclase.

Plagioclase is gray and forms tabular, angular grains of irregular shapes with typical twinning. The composition of the plagioclase ranges from An 30-45 [equating to andesine-labradorite]. The refractive index of all plagioclase is higher than the refractive indices of Canada balsam and volcanic glass.

Quartz is gray and transparent. It forms grains of various shapes, including angular, wedge-shaped, and spheroidal. Extinction is undulatory, birefringence is equal to 0.009, and the refractive index is higher than the refractive index of Canada balsam.

Hornblende is brown and forms prismatic 4- and 6-cornered crystals with typical angles of  $56^\circ$  and  $124^\circ$ . It has well defined pleochroism; on Ng - greenish brown, on Np - greenish yellow,  $cNg = 22^\circ$ ,  $Ng-Np = 0.023$ . Hornblende crystals contain inclusions of apatite and sphene and rarely zircon.

Biotite is dark brown and has well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - pale yellow. Extinction is straight and double refraction is high (0.055). A small portion of the biotite is developed over hornblende.

Apatite is gray and forms oblong acicular microcrystals and short columnar crystals. It has straight extinction, birefringence is low (0.003), and the refractive index is higher than the refractive indices of quartz and plagioclase.

Ore minerals are black and opaque. They are found as skeleton shaped (framework) grains of magnetite and square particles of pyrite.

Chlorite is green and dirty green and is developed mainly over the groundmass.

Outcrop 12/A  
(in the vicinity of borehole12)

### **Epidotized Carbonatized Basalt**

The texture is porphyritic, consisting of groundmass (60%) and phenocrysts of plagioclase (20%), monoclinic pyroxene (clinopyroxene) (6%), ore minerals (4%), epidote (5%), apatite (<0.5%), carbonate (2%), quartz (1%), and iddingsite (1.5%). As a whole, the rock is brecciated and is subjected to the following secondary alteration: epidotization, carbonatization, and slight silicification.

Groundmass is grayish green, consisting of carbonatized, silicified volcanic glass, microlites, and ore fines.

Plagioclase is colorless, fractured, with typical twinned and zoned grains. The composition of the plagioclase is labradorite (An 56-65). Part of the plagioclase grains are substituted by carbonate and epidote.

Monoclinic pyroxene forms prismatic crystals and shows pleochroism: on Ng - pale green, on Np - colorless. Birefringence is equal to 0.029,  $cNg = 46^\circ$ . According to its optical constants, it corresponds to augite. Part of the pyroxene crystals along the microfractures are substituted by epidote and carbonate.

Ore minerals are black and opaque.

Apatite is colorless, forming acicular crystals and hexagonal crystals in cross section. Birefringence is low (0.003) and relief is high.

Iddingsite is red brown with a golden tint. Relief and birefringence are high (0.072). Grains are rounded, apparently substituting the olivine crystals.

Epidote is yellowish pale green with typical motley interference color.

Carbonate is colorless and forms rhombohedral crystals and granular masses. Birefringence is high (0.017).

Quartz is colorless and developed along the microfractures. Birefringence is equal to 0.009.

### **Doleritic Basalt**

The texture is doleritic and holocrystalline. The rock consists of plagioclase (70%), monoclinic pyroxene (clinopyroxene) (20%), ore minerals (3%), apatite (<1%), and secondary iddingsite (6%).

Plagioclase is colorless and transparent, forming oblong prismatic crystals and seldom short prismatic crystals. Crystals of plagioclase contain inclusions of ore minerals and pyroxenes. The An plagioclase composition varies within the limits of numbers 52-63, which corresponds to labradorite.

Monoclinic pyroxene is green, forming shapeless, prismatic crystals, sometimes closely grouped between oblong crystals crossing one another. They have poor pleochroism: on Np - blue green, on Ng - gray green,  $cNg = 42^\circ$ , and birefringence is equal to 0.029. According to its optical characteristics, the pyroxene corresponds to augite.

Ore minerals are black, forming grains of different shapes and sizes. Sometimes they are included in the monoclinic pyroxene grains as acicular and skeleton shaped forms.

Apatite is colorless with high relief. It forms oblong acicular crystals, often occurring as inclusions within plagioclase crystals.

Iddingsite is red brown and in some places yellowish brown. It forms shapeless and rounded grains with rare relicts of olivine.

### **Tuff Breccia**

The texture is vitrolithoclastic [made up of volcanic glass and rock fragments]. It consists of groundmass (58%), rock debris (10%), and the following minerals: plagioclase (15%), quartz (13%), flakes/plates of biotite (3%), and apatite (1%).

The groundmass is grayish green and grayish dirty green. It consists of intensively chloritized volcanic glass, microlites of plagioclase, and argillo-siliceous-chloritic aggregates.

Rock debris are represented by andesite and andesite-basalt which are intensively ferruginized and brown in color. They contain slightly oblong laths and microlites of plagioclase. Colored minerals are completely substituted by chlorite, epidote, and ore minerals.

Plagioclase is colorless and forms shapeless, angular crystals. Both zoned and twinned varieties are present. The composition of the plagioclase varies within the limits of An 33-55, which corresponds to andesine-labradorite.

Quartz is colorless, fractured, and in some places has undulatory extinction. Birefringence is equal to 0.009 and the angle of refraction is greater than that of Canada balsam.

Biotite forms shapeless plates and is dark brown with well defined pleochroism: on Ng - gray yellow, on Np - dark brown. Birefringence is high at 0.056.

Apatite is colorless and exhibits acicular crystals and hexahedrons. Birefringence is low at 0.003.

Ore minerals are black and shapeless. They are located in the groundmass and are developed along the fractures synchronously with quartz and chlorite.

**Silicified Carbonaceous Siltstone**

Macroscopically, this sample is black and has a hardness of about 5.0 on Mohs scale. It has a shiny, mirror-like luster and a banded texture. One of the bands is abundant in coaly material, which dirties the hand when touched [probably fusinitic material], and has a hardness of about 1.5 - 2 on Mohs scale. Microscopically, the sample consists of argillo-carbonaceous-siliceous brown material with weak light transmittance. Quartz and amorphous and crystalline aggregates of silica are developed along the microfractures. Brown masses become black along the quartz microfractures and cavities. Spores are also present within this sample.

### **Broken and Crushed Tuff Breccia**

This rock consists of groundmass (60%), rock debris (20%) of andesite, andesite-basalt, chlorite-siliceous rock, and the following minerals: plagioclase (10%), quartz (5%), amphibole (3%), biotite and chlorite-biotite mixture (2%), ore minerals (5%), and apatite (<1%).

Groundmass is greenish gray and dirty green, consisting of intensively silicified, chloritized volcanic glass, relicts of volcanic glass, and microlites with ore mineral fines. Everywhere within the groundmass the angle of refraction is higher than the angle of refraction of Canada balsam.

Rock and mineral debris are angular and occasionally rounded, with sizes up to 0.9 by 1.3 mm.

Andesite and andesite-basalt are brownish gray and dark gray, consisting of laths and microlites of plagioclases. They are intensively ferruginized and chloritized.

Chlorite-siliceous rock consists of fine grained aggregates which are a mixture of fibrous chlorite and granular silica.

Plagioclase is colorless, in some places fractured, with wide strips of twinning. The composition varies within the limits of An 35-60, which corresponds to andesine and labradorite.

Quartz is colorless, fractured, and contains inclusions of volcanic glass. Birefringence is equal to 0.009.

Amphibole is green and prismatic with well defined pleochroism: on Ng - blue green, on Np - light yellow,  $cNg = 0.026^\circ$ . In some places the amphibole is biotized and chloritized.

Biotite is represented by shapeless plates. It is dark brown with well defined pleochroism and high birefringence (0.056).

Chlorite-biotite masses are dirty, brownish green and developed over the amphibole.

Ore minerals are black and shapeless. They are observed both in the groundmass and along the microfractures.

Apatite forms fine acicular crystals in the groundmass. Rarely, the apatite is observed as inclusions which occur between grains of plagioclase and quartz.

Outcrop 16/1

**Unidentifiable Rock Sample**

The rock is broken and crushed. It is impossible to determine the mineralogical composition, texture, etc. There are debris of plagioclase, quartz, and ore minerals in single pieces of the rock.

### **Tuff Sandstone**

The texture is coarse grained. The sample consists of cement (64%), rock debris (15%) including andesite and siliceous rock, and the following minerals: plagioclase (8%), quartz (5%), biotite (2%), ore minerals (3%), chlorite (3%), and epidote (1%).

The cement is gray to greenish gray and consists of altered volcanic ash and a siliceous-chloritic cryptocrystalline aggregate.

Rock debris are found and angular, up to 0.5 by 2 mm in size.

Andesites are brown to dark brown and intensively altered. They consist of laths and microlites of plagioclase, chlorite-epidote aggregates, and ore material.

Siliceous rock is gray, consisting of fine grained silica aggregates, and occasionally of plagioclase crystals and chloritic masses.

Plagioclase is colorless, twinned, and in some places fractured.

Quartz is colorless, with undulatory extinction, and birefringence equal to 0.009.

Biotite is dark brown, platy, and in some places deformed. Pleochroism is well defined: on Np - gray yellow, on Ng - dark brown,  $N_g - N_p = 0.055$ .

Epidote is greenish yellow with characteristic multicolored interference colors and birefringence is equal to 0.049.

Ore minerals are black, forming shapeless grains. Occasional square grains are observed, probably representing pyrite.



**Tuff Sandstone**

The texture is coarse grained. The sample consists of groundmass (60%), rock debris (10%), plagioclase (15%), quartz (11%), ore minerals (3%), and apatite (<1%). The rock is slightly chloritized and carbonatized.

The groundmass consists of volcanic glass and ash and of siliceous-chloritic aggregates. In general, the volcanic glass is crystallized and forms the mixture of silica and chlorite with relict volcanic glass. Rock debris and minerals are both rounded and angular, but in general, the rock debris is more rounded than the minerals.

Plagioclase is colorless. Both zoned and twinned varieties are present, and in some instances, are subjected to carbonatization.

Quartz is colorless, fractured, and in some places exhibits typical undulatory extinction. Birefringence is equal to 0.009.

Ore minerals are black, rounded, and shapeless.

Apatite is colorless with high relief, forming oblong microcrystals and hexagons in cross section.

Borehole 4c/1  
Interval 24.5 m

### **Tuffaceous Sandstone**

The texture is fine grained. The sample consists of groundmass (60%), phenocrysts of feldspar debris (15%), quartz (18%), biotite (1%), chlorite (2%), apatite (0.5%), ore minerals (1%), and carbonate (2.5%).

Groundmass is gray, brownish gray and brown, and consists of volcanic glass and ash. The majority of the groundmass, as a result of crystallization, has been transformed into a chloritic, cryptocrystalline quartz aggregate. The groundmass has been subjected to chloritization and carbonatization.

Feldspar is represented as very fine laths and by microlites of plagioclase. Only under large magnification was it possible to determine that their refractive indices are higher than the refractive index of Canada balsam. Rare twinned crystals are also present.

Quartz is colorless and forms both round and angular shapes. Birefringence is equal to 0.009 and the refractive index is higher than the refractive indices of Canada balsam and volcanic glass.

Biotite forms dark brown, fine, thin flakes with typical pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - pale green. Birefringence is high (0.055). Sometimes the biotite is mixed with flakes of chlorite.

Chlorite is green, dirty green, and gray. It forms fibrous and granular aggregates, and rarely as very fine plates. Chlorite is found over the groundmass. The green variety exhibits poor pleochroism: on Ng - greenish blue, on Np - pale green. Birefringence is relatively high (0.016).

Apatite forms acicular microcrystals and hexagonal shapes in transversal section. Birefringence is low (0.003).

Ore minerals are black and opaque. They form spheroidal and irregularly shaped grains. Content of ore minerals is high, and in some places they are concentrated, making up to 7% in the field of view.

Carbonate is gray, developed over the groundmass and along the microfractures. Birefringence is relatively high (0.17).

### **Polymictic Tuff Sandstone**

The texture is coarse grained. The groundmass is a mixture of fine grained quartz aggregate and volcanic ash. The rock contains the debris of andesite, spilite, serpentinite, quartzite, and the following mineral debris: quartz, feldspar, chlorite, apatite, and ore minerals. The rock is slightly chloritized. The size of the debris varies from 0.4 by 0.7 mm to 1.5 by 2 mm. The names of rock debris were determined under increased magnification, according to their specific characteristics.

Andesite is greenish gray with brown and dark brown parts. It consists of microlites of plagioclase, fine phenocrysts of ore minerals, and chloritized volcanic glass. The texture is pilotaxitic.

Spilite is grayish green with typical spilitic texture, consisting of oblong laths of albite and chloritized volcanic glass.

Quartzite is gray and colorless with a pale green tinge. It consists of fine grained cryptocrystalline quartz aggregates with rare phenocrysts of tabular feldspar crystals.

Serpentinite is grayish green and pale green with a loop like or fibrous texture. Birefringence is low (0.005).

Quartz is colorless and comes in various forms, including rounded and angular. Extinction is typically undulatory and the refractive index is higher than the refractive indices of Canada balsam and potash feldspar.

Potash feldspar is colorless with a brownish tinge. It forms tabular and angular grains. Birefringence is low (0.006) and the refractive index is lower than those of quartz and Canada balsam. Present are perthitic varieties of feldspar, where fine strings of albite have formed.

Chlorite is pale green and bluish green and is developed over the groundmass and over the extrusive rock debris.

Apatite is colorless, has short columnar crystals, high relief, and low birefringence (0.003).

Ore minerals are black and shapeless and make up less than 1% of the rock.

Zeolite is colorless and gray with a pinkish tinge with a radiating fibrous texture. Birefringence is equal to 0.013 and the refractive index is lower than the indices of Canada balsam and quartz. Zeolite is present in only about 1% of the rock.

### **Tuff Conglomerate**

The groundmass makes up 50% of the thin section surface and is carbonatized and zeolitized. It consists of sedimentary material, volcanic glass, and ash. Volcanic glass is partially crystallized. Rock debris (10%) are represented by andesite and quartzite. Mineral debris are represented by plagioclase (14%), quartz (12%), hornblende (5%), pyroxene (1%), biotite (2%), epidote (0.5%), apatite (0.5%), and ore minerals (0.5%).

#### **Rock debris:**

Size of the debris varies from 0.5 by 0.9 to 3 by 5 mm. Andesite is observed relatively frequently and quartzite relatively seldom.

Andesite is grayish green and brown and consists of chloritized epidotized groundmass with phenocrysts of basic plagioclases. Debris clasts are frequently well rounded.

Quartzite is gray with a pale green tinge, with rare phenocrysts of plagioclase. The clasts are slightly rounded and angular.

Plagioclase is colorless, slightly rounded, and occasionally angular. Both twinned and zoned plagioclase is present. Refractive index of the plagioclase is higher than that of Canada balsam.

Quartz is colorless and in some places transparent. Rounded, angular, and shapeless grains are observed. Grains have undulatory extinction. Refractive index is higher than the refractive index of Canada balsam. Birefringence is equal to 0.009.

Hornblende is tabular and laminar and hexagonal in cross section. It is green in color and has well defined pleochroism: on Ng - brownish green, on Np = yellow green,  $cNg = 22^\circ$ . Birefringence is equal to 0.026.

Monoclinic pyroxene (clinopyroxene) forms prismatic crystals, is colorless, and pleochroism is: Ng - Np = 0.031 and  $cNg = 38^\circ$ . In some places, hornblende is developed over the pyroxene.

Biotite forms tabular, partially deformed plates. Its color is dark brown with well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - pale yellow. Birefringence is high (0.056).

Apatite is colorless with typical high relief. It forms acicular, oblong, and short columnar crystals, and occasionally hexagonal shapes in transversal section. Birefringence is low (0.003).

Zeolite is colorless and gray with a pink tinge. It forms fibrous and radiate fibrous aggregates. Refractive index is lower than the refractive indices of Canada balsam and volcanic glass. Birefringence varies from 0.007 to 0.015.

Epidote is yellowish green and the birefringence is high (0.045). Epidote is developed over the andesite debris.

Ore minerals are black and opaque and form irregularly shaped grains.

Borehole 4c/4  
Interval 35.5 m

### **Polymictic Tuff Sandstone**

The texture is coarse grained. The sample consists of groundmass (50%), rock debris (12%) consisting of gabbro, andesite, spilite, and mineral debris consisting of plagioclase (10%), quartz (8%), olivine (2%), pyroxene (4%), hornblende (3%), biotite (2%), apatite (0.5%), ore minerals (1.5%), carbonate (3%), chlorite (2%), and zeolite (1%).

Groundmass consists of siliceous-argillaceous material and volcanic glass and ash. Volcanic glass in some places has fluidal texture and is crystallized into crystals of different shapes. As a whole, the cementing mass is slightly carbonatized, chloritized, and relatively less zeolitized. Rock debris are well rounded and range in size from 0.3 by 0.5 mm to 1.7 by 2 mm.

Rock debris:

Gabbro is gray and consists of basic plagioclase, pyroxene, and ore minerals.

Andesite is dark green and grayish brown, consisting of intensively chloritized volcanic glass, microlites of plagioclase, ore minerals, and brown material.

Spilite is grayish green and consists of intensively chloritized volcanic glass, laths of albite, and amygdules of chlorite and zeolite. The texture is spilitic. The mineral debris, in comparison to the rock debris, are slightly rounded and angular.

Plagioclase is colorless and both zoned and twinned varieties are present. Series of plagioclase grains are saussuritized and in some places there are inclusions of volcanic glass.

Quartz is colorless and transparent. In some places it is fractured and exhibits undulatory extinction. The quartz often contains acicular microcrystals of apatite.

Olivine is colorless and relief is high. Extinction is straight and the birefringence is equal to 0.048.

Pyroxene is colorless and is of two varieties - rhombic and monoclinic. The monoclinic pyroxene shows poor pleochroism: on Ng - colorless and on Np - pale pink.

Hornblende is greenish brown with well defined pleochroism. It forms both tabular crystals and hexahedral crystals in cross section.

Biotite is tabular, foliated, and partially deformed. It is dark brown with well defined pleochroism: on Ng - dark brown and on Np - gray yellow. Birefringence is high (0.056).

Apatite is colorless and forms acicular oblong crystals. Birefringence is low (0.03).

Ore minerals are black and opaque and exhibit irregularly shaped grains.

Borehole 4c/5  
Interval 65.3 m

### **Dacitic Tuff**

The texture is vitrocrystalloclastic [composed of volcanic glass and mineral fragments]. The sample consists of groundmass (80%), and debris of the following minerals: quartz (10%), plagioclase (6%), hornblende (1.5%), biotite (1.5%), apatite (0.5%), and ore minerals.

Groundmass consists of volcanic glass and ash, and is subjected to devitrification with formation of silica and chlorite. Relicts of volcanic glass forms different shapes. Refractive index of the volcanic glass is lower than the refractive index of Canada balsam. Mineral debris, for the most part, have sharply angular shapes and vary in size from 0.1 to 0.2 mm.

Quartz is colorless and transparent. In some places, it exhibits undulatory extinction. Refractive index is higher than the refractive index of Canada balsam. Birefringence is equal to 0.009. The quartz often contains inclusions of acicular crystals of apatite and volcanic glass.

Plagioclase is colorless, tabular, and lamellar. Plagioclase crystals, for the most part, are angular and both twinned and zoned varieties are present. Refractive index is higher than the refractive indices of Canada balsam and volcanic glass. The composition varies from andesine to labradorite (An of 30 - 55). The plagioclase contains inclusions of acicular apatite and volcanic glass. Some of the plagioclase crystals are carbonatized and chloritized.

Biotite is platy with well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - pale yellow.

Hornblende is completely substituted by carbonate and chlorite.

Ore minerals are black and brownish black and form irregularly shaped grains.

Borehole 4c/6  
Interval 72.9 m

**Tectonic - Broken, Deformed Rock**

This sample consists of black and brownish black material and contains masses of siliceous-chloritic grains.



Borehole 4c/7  
Interval 73.2 m

### **Quartz-Carbonate Rock with Coaly Layers**

The texture is equigranular. The sample contains carbonate (85%), quartz (10%), and silicified coaly/carbonaceous material (5%).

Carbonate is represented by two varieties - fine grained and medium grained. Fine grained carbonate is gray and brownish gray with relicts of sandy material and ore minerals. Medium grained carbonate is colorless and polycrystalline with a birefringence of 0.17.

Quartz is colorless and forms granular aggregates. In some places along the microfractures, the quartz develops over the carbonate. Birefringence is equal to 0.009.

Coaly (carbonaceous) material is black and opaque. It forms shapeless, oblong, or curved (flexuous) aggregates. Along the microfractures, coaly material is carbonatized and silicified.

Quartz-carbonate rock is interpreted to have formed as a result of hydrothermal metasomatic conversion of primary carbonate sedimentary rock. Only relict structures of mineral and grain forms are preserved after the primary rock.

Borehole 4c/8  
Interval 74.9 m

### **Sandy Siltstone**

The texture is silty-psammitic. The size of the debris range from 0.1 to 1 mm. The sample contains argillo-siliceous-carbonate material (80%), quartz (10%), feldspar (5%), and extrusive rock fragments (5%). Trace amounts of chlorite and ore minerals are present.

Argillo-siliceous-carbonate material is grayish brown and consists of weakly polarizing particles and of carbonate-siliceous fine-grained aggregates.

Quartz is colorless and, although containing a variety of shapes, is usually rounded. Extinction is undulatory.

Feldspar is colorless and form fine tabular crystals. Both twinned and nontwinned varieties are present.

Extrusive rock fragments are grayish brown with microlites of plagioclase. The presence of the microlites leads on to interpret these as extrusive rock fragments.

Chlorite is dirty green with poorly defined pleochroism. It fills fine cavities, forming granular and fibrous and radiate-fibrous aggregates.

### **Dacitic Tuff Breccia**

The rock consists of groundmass (60%) and unsorted angular, poorly rounded detrital material, which is represented by extrusive rocks (12%), quartzite (5%), plagioclase (14%), quartz (6%) and biotite (3%). The rock, as a result of secondary processes, has been subjected to carbonatization and chloritization.

Groundmass is composed up of quartz-chloritic aggregates, volcanic ash, and glass. The volcanic material has been subjected to devitrification with the formation of siliceous-chloritic granular aggregates with preserved relict parts and whimsical shapes of volcanic glass and ash.

Rock debris are represented by extrusive rocks and quartzites. Groundmass of the extrusive rocks is almost entirely oxidized. Only plagioclase microlites and phenocrysts are preserved. Quartzite is gray and microgranular. It consists of fine grains of quartz and rare crystals of feldspars.

Plagioclase is colorless and is angular and poorly rounded. Both zoned and twinned grains of plagioclase are observed. The predominant part of plagioclase grains are fractured. The microfractures are albitized and carbonatized. In some places, the plagioclase grains are entirely pseudomorphically substituted by carbonate.

Quartz is colorless, fractured, and has typical undulatory extinction. Birefringence is equal to 0.009.

Biotite is foliaceous, platy, with well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - gray yellow. Birefringence is high (0.058) and extinction is wavy. Apparently the biotite is developed over the groundmass.

Chlorite is represented by two varieties: brownish dirty green and bluish green. The bluish green variety is developed over the groundmass and fills cavities. The dirty green chlorite is developed both over the groundmass and along the microfractures of plagioclase and along the edges of biotite plates. Chlorite forms the spherules, worm-like wires, and granular masses. Birefringence varies from 0.004 to 0.012. Pleochroism is poorly defined: on Ng - yellow green, on Np - blue green.

Carbonate is colorless and forms granular aggregates and laminated crystals. The granular aggregates are developed both over the groundmass and along microfractures. Crystalline carbonates are developed over plagioclase, in some places entirely pseudomorphically substituting them. Carbonates are distinguished by pearly interference color and by pseudoabsorption. Birefringence is high (0.17).

Apatite is colorless and distinguished by high relief. It forms acicular crystals and hexahedrons.

Ore minerals are black, opaque, and shapeless.

Borehole 5b/1  
Interval 51.4 m

**Intensively Shattered Tuff Breccia**

The sample consists of groundmass (70%), rock debris (6%), plagioclase (16%), quartz (5%), ore minerals (2%), and apatite (1%).

Groundmass is black and brownish black aggregates, opaque, and only along the edges is it weakly translucent, making it possible to determine the presence of crystalline volcanic glass.

Extrusive rock debris is brown, grayish brown, and often black, and intensively altered. Only the presence of plagioclase microlites allows for the interpretation of extrusive rock debris.

Plagioclase is colorless and both zoned and twinned varieties are present. Inclusions of acicular apatite are present in the plagioclase. Along the microfractures, in places, is carbonatized.

Borehole 5b/2  
Interval 61.7 m

### **Rhyolitic Tuff**

The texture is vitrocrystalloclastic [made up of fragments of volcanic glass and minerals] and in some places fluidal. The sample consists of groundmass (70%), rock debris (8%), plagioclase (12%), quartz (10%), and traces of apatite, zircon, and ore minerals.

The groundmass is gray and brownish gray and consists of volcanic glass and ash. In some places, the volcanic glass exhibits a fluidal texture. Volcanic glass is slightly crystallized, devitrified. Volcanic glass debris have different shapes including crescent shaped and curved. Refractive index is less than the refractive index of Canada balsam.

Rock debris have irregular forms, but all are basically angular, and range in size from 0.5 by 1.5 mm to 4 by 5 mm. The boundaries of the rock debris and the groundmass are diffuse. Rock debris are composed of acidic extrusive rocks and granophyres.

Plagioclase is colorless, tabular, and in some places angular. Both zoned and twinned varieties are present. The plagioclase composition varies between An 18-50, indicating compositions of oligoclase and andesine. In some places, the plagioclase contains inclusions of oblong, acicular microcrystals of apatite and volcanic glass.

Quartz is colorless and transparent. Grains are rounded and angular. In places, extinction is undulatory. Birefringence is equal to 0.009. The grains of quartz sometimes contain inclusions of zircon and apatite.

Ore minerals are black, opaque, and shapeless.

Borehole 5b/3  
Interval 89.0

### **Dacitic Tuff Breccia**

The sample consists of groundmass (65%), rock debris (10%), plagioclase (13%), and quartz (10%). There are trace amounts of biotite, chlorite, apatite, and ore minerals.

Groundmass is gray and yellowish gray and consists of volcanic glass and ash. The predominant part of the volcanic glass is devitrified with the formation of a mixture of silica and chlorite. Unaltered volcanic glass is yellowish gray and isotropic and is crescent or skeleton/framework shaped. Refractive index of the volcanic glass is less than that of Canada balsam.

Rock debris are brown and brownish black with microlites of plagioclase. The groundmass of the rock debris is subjected to chloritization and carbonatization. A basic to medium extrusive rock interpretation for the rock debris is based upon the abundance of plagioclase microlites and chloritization of the groundmass.

Plagioclase is colorless, fractured, and in some places deformed, and twinned. The composition of the plagioclase varies from andesine to labradorite (An 30-55). In some places, the plagioclase contains apatite and volcanic glass insets.

Quartz is colorless and often has undulatory extinction. Birefringence is equal to 0.009.

Biotite is brown with well defined pleochroism and forms flexuous plates.

Ore minerals are black and opaque.

Borehole 5b/4  
Interval 112.2 m

**Tectonite (Broken, Shattered)**

It is almost impossible to determine the primary composition of this rock. Tectonite consists of black opaque material,, broken into separate pieces and particles. Rare flakes of a colorless mineral with a high birefringence (0.042) are observed among the black material. Flakes of a light material are interpreted as sericite.

Borehole 8b/1  
Interval 24.8 m

**Carbonaceous Shale (Broken, Shattered)**

This rock consists of coaly material (90%) and quartz-carbonate granular aggregates.

Coal is black and opaque. Along the edges it is slightly translucent.

Quartz and Carbonate form fine grained aggregates that can only be determined under large magnification. Both quartz and carbonate are colorless. Birefringence of the quartz is equal to 0.009 and birefringence of the carbonate is 0.047.



Borehole 8b/2  
Interval 36.8 m

### Coal

The sample consists of coal (carbonaceous) material (85%), spores (5%), quartz (8%), and sandy siltstone (5%).

Coal is dominantly dark brown, occasionally black, and microlaminated. The black microlayers comprise no more than 10% of the total mass. Microscopic veins of quartz are developed along the microlamination planes.

Quartz is colorless and forms small shapeless grains in the coaly material as well as veinlets along the microfractures. Quartz is also contained in the sandy siltstone fragments.

Spores are observed as small orange, red, and yellowish orange anisotropic inclusions approximately the size of 0.5 by 1.5 mm.

Borehole 8b/3  
Interval 56.0 m

**Melonite (Tectonically Broken, Shattered)**

The sample consists of black opaque material (40%), grayish brown semi-transparent chlorite-quartzose fine grained aggregate (45%), and sericite (15%).

Sericite is colorless and observed as flakes. Birefringence is high (0.048).

Borehole 9b/1  
Interval 25.0 m

### **Intensively Silicified Coal**

The sample consists of coaly material (70%), quartz (20%), and carbonate (10%).

Coal is black and opaque. It has been subjected to intensively silicification and relatively less to carbonatization.

Quartz is colorless and developed along the microfractures and along the layers of the coal, forming aggregates of different forms. Birefringence is equal to 0.009.

Carbonate is colorless or gray with a brownish tinge. Birefringence is high (0.17). The carbonate is developed over the coaly material, along relatively large microfractures, and sometimes jointly with quartz.

Borehole 9b/2  
Interval 25.5 m

### **Carbonaceous Siltstone**

The texture is vitrocrystalloclastic [composed of fragments of volcanic glass and minerals]. The rock consists of groundmass (60%), rock debris (8%), plagioclase (12%), quartz (10%), hornblende (4%), biotite (2%), chlorite (1.5%), carbonate (1.5%), and ore minerals (0.5%). The rock is slightly chloritized and carbonatized.

Groundmass consists of volcanic glass and ash. The volcanic glass is gray and greenish gray, and in some places brownish gray. The dominant part of the volcanic glass is devitrified with the formation of chloritic-siliceous fine grained aggregates. Relicts of volcanic glass form differently curved shapes. Refraction index of the volcanic glass is less than refractive index of Canada balsam. Rock debris and minerals have different shapes - both angular and rounded. The sizes are quite variable. Rock debris consist of gabbro-diabases, andesite, and siliceous rock.

Gabbro-diabase is characterized by a diabasic texture and consists of plagioclase and intensively altered hornblende.

Andesite consists of microlites and laths of plagioclase and chloritized groundmass.

Siliceous rock consists of fine grained aggregates of quartz and rare inclusions of feldspar.

Plagioclase is colorless and forms tabular, prismatic crystals. Both twinned and zoned grains are present. Some of the plagioclase crystals are intensively deformed and fractured. Their composition varies from oligoclase to labradorite (An 25-55). Refractive index is higher than that of Canada balsam.

Quartz is colorless and transparent, rarely with undulatory extinction. It contains inclusions of volcanic glass and acicular microcrystals of apatite. Birefringence is equal to 0.009.

Hornblende forms prismatic crystals and hexahedrals on transversal section. Well defined pleochroism is typical: on Ng - brown green, on Np - light yellow green, cNg = 22°. Birefringence is equal to 0.018.

Biotite forms fine plates, some of which are partially deformed. Strong pleochroism is typical: on Ng - dark brown, on Np - pale yellow. Birefringence is high (0.052).

Chlorite forms wavy aggregates and granular masses. Its color is pale green and green. Weak pleochroism is evidenced: on Ng - yellow green, on Np - blue green. Birefringence varies from 0.006 to 0.0014. In some places, chlorite forms a mixture with biotite.

Carbonate is colorless and is developed on the groundmass. Birefringence is high (0.17).

Ore minerals are black and opaque and form grains of irregular shape.

Borehole 9b/3  
Interval 53.6 m

### **Dacitic Tuff Breccia**

The texture is vitrocrystalloclastic [composed of fragments of volcanic glass and minerals]. The rock consists of groundmass (60%), rock fragments (8%), plagioclase (12%), quartz (10%), hornblende (4%), biotite (2%), chlorite (1.5%), carbonate (1.5%), and ore minerals (0.5%). The rock is slightly chloritized and carbonatized.

Groundmass consists of volcanic glass and ash. Volcanic glass is gray and greenish gray and in some places brownish gray. The majority of the volcanic glass is devitrified, forming chloritic-siliceous fine grained aggregates. Volcanic glass relicts form different curved shapes. Refractive index of the volcanic glass is less than that of Canada balsam. Rock and mineral debris have angular and rounded shapes and vary in grain size. Rock fragments are represented by gabbro-diabase, andesite, and siliceous rocks.

Gabbro-Diabase: Characterized by diabasic texture and consists of plagioclase and intensively altered hornblende.

Andesite: Consists of plagioclase microlites and laths and chloritized groundmass.

Siliceous Rock: Consists of fine grained aggregates of quartz and rare inclusions of feldspar.

Plagioclase is colorless and forms platy prismatic crystals. Both twinned and zoned varieties are present. Some plagioclase crystals are intensively deformed and fractured. The composition varies from oligoclase to labradorite (An 25-55). The refractive index is higher than that of Canada balsam.

Quartz is colorless and transparent. Extinction is undulatory. Quartz has volcanic glass and vesicular apatite crystal inclusions. Birefringence is equal to 0.009.

Hornblende forms prismatic crystals and acicular hexagonal crystals in transverse section. Pleochroism is well expressed: Ng - brown green, Np - light yellow green, cNg = 22°, and birefringence is equal to 0.018.

Biotite forms thin plates which are often deformed. They are characterized by sharp pleochroism: Ng - dark brown, Np - pale yellow, and high birefringence (0.052).

Chlorite forms undulatory aggregates and granular masses. Color is pale green and green. Pleochroism is not well developed: Ng - yellow green and Np - blue green. Birefringence varies from 0.006 to 0.0014. In some places, chlorite forms a mixture with biotite.

Carbonate is colorless with high birefringence (0.17). Carbonate is developed over the groundmass.

Ore minerals are black, opaque, and form grains of irregular shape.

Borehole 9b/4  
Interval 57.6 m

**Mylonite (Tectonically Broken, Shattered Rock)**

The sample consists of black, opaque material (80%) and talc-serpentine fine grained aggregates (20%).

Black material is opaque and amorphous and forms shapeless particles.

Talc-serpentine granular aggregates are gray and pale green. The composition of the aggregates was determined under increased magnification. Serpentine is characterized by matted-fibrous texture and by low birefringence (0.008). Birefringence of the talc is high (0.050).

Borehole 12a/1  
Interval 56.5 m

### **Brecciated Chloritized Basalt**

The texture is porphyritic. The sample consists of groundmass (60%), phenocrysts of plagioclase (15%), rhombic and monoclinic pyroxene (clinopyroxene) (13%), and ore minerals (2%). As a result of brecciation, the rock along the microfractures is chloritized, carbonatized, and silicified. Secondary minerals make up about 10% of the thin section.

Groundmass consists of completely chloritized and carbonatized volcanic glass and oblong laths of plagioclase.

Plagioclase is colorless and both zoned and twinned varieties are present. The composition of plagioclase corresponds to the composition of labradorite (An 55-68). Part of the plagioclase grains are substituted by chlorite and carbonate.

Rhombic pyroxene is colorless and slightly greenish, with poorly defined pleochroism: on Np - light yellow, on Ng - gray green, and the extinction is straight. Birefringence varies up to 0.015. Rhombic pyroxene, according to its optical parameters, corresponds to hypersthene.

Monoclinic pyroxene is blue green with poorly defined pleochroism: on Np - blue green, on Ng - gray green, cNg varies from 40° to 47°. Birefringence is equal to 0.029. Monoclinic pyroxene, according to its optical parameters, corresponds to augite.

Ore minerals are black and shapeless.

Chlorite is gray green and dirty green. It is developed over both the groundmass and phenocrysts of plagioclase and pyroxenes, sometimes completely substituting them. Birefringence is low (0.004).

Carbonate is colorless and developed along the microfractures, substituting for both the groundmass and phenocrysts of plagioclases and pyroxenes. Birefringence is high (0.17).

Borehole 13a/1  
Interval 40.0 m

### **Doleritic Basalt**

The texture is doleritic, partially poikilophitic, holocrystalline. The sample consists of olivine (10%), pyroxene (20%), plagioclase (63%), apatite (<1%), iddingsite (1%), and ore minerals (5%).

Olivine is colorless, usually rounded, and occasionally oblong. Extinction is straight, birefringence is equal to 0.048, relief is high, and in some places the olivine is substituted by orange brown iddingsite.

Pyroxene is green and is characterized by a considerable variety of forms and sizes: microcrystalline isomorphic grains, occasionally short prismatic grains ranging from 0.06 to 0.5 mm, closely grouped between plagioclase grains. In some places, the pyroxene has idiomorphic prismatic contours, which are intergrown with long prismatic grains of plagioclase. Poor pleochroism is typical: on Np - blue green, on Ng - gray green,  $cNg = 42^\circ$ . Birefringence is equal to 0.029. Pyroxene, according to its optical parameters, corresponds to augite.

Plagioclase is colorless and forms oblong prismatic crystals and occasionally short prismatic crystals ranging in size from 0.15 to 0.8 mm. Usually the plagioclase grains are transparent. Inclusions of ore minerals, olivine, and pyroxene are observed among the plagioclase grains. According to its composition, the plagioclase is labradorite (An 54 - 60).

Iddingsite is red brown and yellow brown with a golden tint in the center of the grains. Iddingsite is developed over olivine, sometimes pseudomorphically substituting it. Birefringence is high (0.072).

Ore minerals appear as well formed crystals of cubic shape, occasionally as acicular and skeleton shaped forms, including augite grains.

Apatite forms oblong acicular crystals.



Borehole 15b/10  
Interval 77.5

### **Sandstone with Coaly Material**

The texture is psammitic and coarse-grained. The rock consists of groundmass (70%), mineral debris including plagioclase (15%), quartz (10%), biotite-chlorite (2%), apatite (> 0.5%), and ore minerals (~1%), and coaly material (2%).

Groundmass is dark brown, in some places black, almost anisotropic, and only along the edges is transparent. It consists of argillo-silty material, which is oxidized and ferruginized.

Mineral debris are represented by plagioclase and quartz, more seldom by biotite. Their size varies from 0.2 - 2 mm.

Plagioclase is colorless. It forms semi-rounded, rounded, and angular grains, and most are fractured. Some of the grains have typical twinning.

Quartz is colorless. It is represented by semi-rounded and angular grains, which in some places have a typical undulatory extinction. Birefringence is equal to 0.009. Some of the grains have the higher birefringence (0.012), which is related to the thickness of thin section.

Biotite is dark brown and dark reddish brown. It is intensively deformed and chloritized, resulting in poorly defined pleochroism.

Apatite is present in a small amount. It is colorless and forms fine acicular and short columnar crystals, and occasionally hexagons. Inclusions of acicular apatite appear among the grains of plagioclase and quartz. The extinction is straight and birefringence is low (0.005).

Ore minerals form irregularly shaped grains. They are black and opaque.

Coaly material is black and brownish black and isotropic. Along the edges, it is transparent ranging from dark-brown to gray.

Borehole 15b/2  
Interval 34.0 m

### **Dacitic Lava Breccia**

The rock consists of groundmass (30%), rock debris (50%), plagioclase (9%), quartz (6%), hornblende (2%), biotite (1%), apatite (0.5%) and ore minerals (2%).

Groundmass is brown and dirty green. It consists of sedimentary and pyroclastic materials, which were subjected to devitrification, with relicts of volcanic glass.

Fragmental material is represented by extrusive and siliceous rocks and also by plagioclase and quartz. Extrusive rock debris are intensively oxidized, and their groundmass is dark brown, in some places black. Small altered microlites and phenocrysts of colorless, twinned plagioclase are preserved in this dark, almost isotropic groundmass. Phenocrysts belong to the andesine-labradorite series, allowing for the interpretation that the extrusive rock debris are andesites and andesite-basalts. Siliceous rock debris are gray. They consist of microcrystalline aggregates, composed of fine grained of quartz and rare feldspar.

Plagioclase is colorless, twinned, and most is fractured. Along the fractures it is albitized.

Quartz is colorless and fractured. In some places, it has the undulatory extinction. Birefringence is equal to 0.009.

Hornblende is brownish green, and forms short columnar crystals, which are partially deformed. As a result of this deformation, the pleochroism is not well defined: on Ng - dark brownish green, on Np - yellow brownish. Birefringence is equal to 0.017,  $cNg=18^\circ$ .

Biotite is laminated, platy, and intensively deformed. Pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - grayish yellow. Extinction is straight. The altered plates are chloritized.

Chlorite is dirty green and greenish brown. It is developed both over the groundmass and over hornblende and biotite. Birefringence is from 0.005 to 0.011.

Apatite is colorless and forms acicular oblong crystals and hexagons. Acicular crystals have straight extinction. Birefringence is low (0.03).

Ore minerals are black and opaque. They form irregularly shaped grains. They are observed both in the groundmass and in the extrusive rock debris.

Borehole 15b/5  
Interval 66.7 m

### **Coal-Bearing Sandstone**

The texture is coarse grained. The rock consists of groundmass (40%), extrusive and siliceous rock debris (12%), plagioclase (20%), quartz (13%), biotite (3%), and coaly material (5%). The rock is intensively carbonatized and less chloritized.

Groundmass is made up of chlorite-carbonate fine grained aggregates and of dark brown opaque material, which is carbonatized and silicified along the microfractures.

Rock debris are angular and poorly rounded. They are represented by extrusive rocks (andesites) and by horn-like siliceous rocks. The extrusive rocks are composed of dark brown and black groundmass and of plagioclase microlites. Siliceous rocks are made up of microgranular quartz aggregates with a small content of feldspar.

Plagioclase is represented by poorly rounded and angular debris. It is colorless and fractured. Both zoned and twinned varieties are present. Plagioclase along the microfractures are chloritized and silicified.

Quartz is represented by poorly rounded and shapeless grains. It is colorless and fractured. Besides the quartz grains, there is secondary quartz in the thin section, which is developed both over the groundmass and along the microfractures of plagioclase. Quartz has low birefringence (0.009).

Biotite is foliaceous, platy, and intensively deformed. Pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - gray yellow. Birefringence is equal to 0.045 - 0.050. The biotite has been subjected to chloritization, partly forming a chlorite-biotitic mixture.

Chlorite forms granular masses and plates. Together with quartz, it is developed over the groundmass or along the microfractures of plagioclase and biotite. Birefringence is quite variable (0.002 - 0.009).

Carbonate is colorless and represented by fine grained aggregates and laminated crystals. Pseudo-absorption is typical for the laminated crystals. The refraction on Ng is almost similar to the one of Canada balsam and on Np the birefringence is higher, with a variable surface. Typical pearly interference colors are exhibited. Birefringence is high (0.172).

Apatite is colorless and represented by acicular oblong crystals and hexagons. The relief is high, birefringence is low (0.003).

Ore minerals are represented by shapeless grains, which are black and opaque.

Coaly material is black, isotropic, and shapeless. Along its edges, it is slightly transparent and is silicified along microfractures.

Borehole 15b/7

Interval 69.3 m

### **Arenaceous Siltstone**

The texture is fine grained and silty psammitic. The rock consists basically of argillaceous matter (90%) with a small content of silty psammitic material.

Argillaceous material is dark brown and opaque. Along the microfractures it is slightly transparent, related to the process of crystallization, resulting in the transformation of opaque material into chlorite and chlorite-siliceous aggregates. In addition, the rock along the microfractures is silicified and carbonatized. Under increased magnification (7x40), it was determined that the silty psammitic material is represented by spilitic, quartz, and plagioclase.

Spilitic is gray. It is distinguished by typical spilitic intersertal texture with microlites of plagioclase, which are substituted by albite and which are located between the laths and microlites of chloritic aggregates.

Plagioclase is colorless and twinned.

Rare grains apparently of hornblende and biotite, intensively altered and deformed, are also observed. These minerals were determined by their relict grain shapes. As a whole, the silty-argillaceous rock is tectonically deformed and is slightly silicified, carbonatized and chloritized.

Borehole 15b/11  
Interval 81.0 m

### **Argillaceous Rock**

The rock is made up of dark brown, intensively oxidized opaque material (95%), which contains small inclusions of quartz and plagioclase (1 by 2 mm). The rock is slightly fractured. The microfractures are filled by gypsum and quartz.

Gypsum is colorless, tabular, and in some places granular. It is distinguished by a low refractive index, which is lower than that of Canada balsam.

In contrast to gypsum, the refractive index of quartz is higher than that of Canada balsam.

Rare inclusions of plagioclase are characterized by presence of twinning and by relatively high refractive index, which is higher than the ones of quartz and Canada balsam.

**Brecciated Altered Basalt**

The texture is brecci-formed. The rock has been subjected to heavy tectonic reworking and intensive metasomatic substitution and has preserved the relict parts of basic extrusive rocks. Relict debris of basic rocks make up about 30% of thin section surface and the rest consists of carbonate and quartz. Relict parts of basalts are composed of chloritized volcanic glass and microlites of plagioclase. Predominant part of the debris is metasomatically substituted by quartz-carbonate-prehnitic microgranular aggregates. Their optical data were determined under the large magnification (8x20) and (8x40).

Quartz is colorless, birefringence is equal to 0.009, and the refractive index is higher than that of Canada balsam.

Carbonate is colorless, with high relief, and birefringence equal to 0.17.

Prehnite is colorless, forming thick tabular crystals. Extinction is straight and birefringence is equal to 0.026. The prehnite exhibits characteristic anomalous interference color.

Borehole 17a/1  
Interval 138.1 m

### **Tuff Sandstone**

The texture is medium grained. The rock consists of groundmass (60%), rock debris (12%), plagioclase (13%), quartz (7%), hornblende (3%), biotite (2%), apatite (1%), and ore minerals (2%). The rock is poorly carbonatized.

Groundmass is grayish brown and dark brown. It is made up of devitrified volcanic material and argillaceous chlorite-siliceous aggregates. Volcanic and argillaceous portions of the groundmass are opaque and isotropic. The chlorite-siliceous aggregates consist of a mixture of loop-shaped fibrous dirty green chlorite and microgranular siliceous aggregates.

Rock debris are angular and poorly rounded and are represented by andesite and quartzite. The groundmass of andesite is dark brown, almost black, with the inclusions of plagioclase microlites and phenocrysts. Quartzites are gray and yellowish gray. They consist of very fine quartz grains.

Plagioclase is colorless, intensively fractured, in some places with the displacement of individual parts. Twinned varieties are abundant, but zoned varieties are also observed. The plagioclase grains are partly subjected to saussuritization and in some places they are pseudomorphically substituted by carbonate.

Quartz is poorly rounded, angular, colorless, with inclusions of acicular crystals of apatite. Undulatory extinction is typical. Birefringence is equal to 0.009.

Hornblende forms deformed, laminar crystals. Pleochroism: on Ng - brown green, on Np - yellow brown,  $cNg=17^\circ$ ,  $Ng-Np = 0.22$ .

Biotite is platy, tabular, with well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - gray yellow. Birefringence is high (0.065) and extinction is straight. In some places the biotite is partly chloritized.

Carbonate is colorless and forms granular aggregates and laminar crystals. Birefringence is high (0.171). Carbonates are developed along microfractures. Pseudomorphic substitution of plagioclase grains by carbonate is observed. The pseudomorphic carbonate exhibits typical pearly interference color.

Apatite is colorless and relief is high. It is represented by acicular crystals and hexagons. Birefringence is low (0.003).

Ore minerals are black, opaque, and shapeless.

Borehole 17a/2  
Interval 141.5 m

**Calcareous-Argillaceous Siltstone**

The texture is pelitomorphous.

Groundmass (95%) consists of a mixture of argillaceous material and calcareous material. Arenaceous fragmental material (5%) is present in a small amount. The groundmass is dark brown, grayish brown, and slightly fractured. The rock as a whole has been subjected to carbonatization.

Carbonate is colorless. It is developed both over the groundmass and along microfractures. It is represented by two varieties: granular aggregates and laminar crystals, rarely by rhombohedral forms. Birefringence is high (0.171). Pseudoabsorption and pearly interference color are typical for the laminar variety.

Quartz debris are present in a small amount. They are angular and poorly rounded, colorless, with undulatory extinction. Birefringence is equal to 0.009. Secondary quartz, which is developed along microfractures, occurs often with carbonate.

Ore minerals are black, opaque, and shapeless.



Borehole 17a/3  
Interval 147.5 m

### **Intensively Deformed Sandstone**

The texture is coarse grained. The rock consists of groundmass (65%), rock debris (20%), quartz (7%), plagioclase (5%), biotite, apatite (0.5%), and ore minerals (1.5%). The rock as a whole is carbonatized, partly chloritized and silicified.

Groundmass is dark brown and black, in some places brownish gray and gray. The dark brown and black portions are isotropic and opaque. The groundmass consists of calcareous-argillaceous material, partly crystallized. This results in the amorphous dark argillo-calcareous material altering to a crystalline state in places, which is represented by light chlorite-carbonate granular aggregates.

Carbonate is developed along microfractures, quite often forming laminar crystals, where pseudoabsorption is observed. Birefringence is high (0.171) and pearly interference colors are observed.

Rock debris are slightly rounded and rounded. They are represented by extrusive rocks such as andesite, spilite, and quartzite. Andesites are dark brown. The groundmass is intensively oxidized. Light plagioclase microlites are distinguished in the dark groundmass. Spilites are distinguished by typical spilitic texture: laths of albite are intersertally located in the chloritic groundmass. Quartzite is gray and consists of microgranular quartz aggregates and rare plates of micas.

Quartz is colorless, slightly rounded, and fractured. Birefringence is equal to 0.009 and extinction is wavy.

Plagioclase is colorless, fractured, and twinned. In general, it is intensely deformed.

Biotite is intensively deformed and chloritized. Only relict parts are preserved.

Apatite is colorless and forms short columnar crystals and hexagons. Relief is high and birefringence is low (0.003).

Ore minerals are black, opaque, and irregularly shaped.

Borehole 17a/4  
Interval 156.0 m

### **Argillaceous Sandstone**

The structure is psammito-pelitic. The rock consists of groundmass (70%), rock debris (7%), quartz (15%), plagioclase (5%), biotite (2%), and ore minerals (1%).

Groundmass is brown and dark brown. It is greatly oxidized and penetrated (pierced) by iron hydroxide, i.e. limonite. The groundmass is slightly fractured and is silicified along the microfractures.

Rock debris are rounded. They are represented by intensively altered extrusive rocks, the groundmass of which is entirely oxidized. Only colorless microlites of plagioclases are preserved. Debris of quartz and plagioclase are angular, poorly rounded, and fractured.

Quartz is colorless, extinction is undulatory, and birefringence is equal to 0.009. Quartz contains very fine acicular microcrystals of apatite.

Plagioclase is colorless. The grains are of irregular shapes, poorly rounded, and twinned.

Biotite is intensively deformed, altered, and oxidized, and as a result the pleochroism is poorly defined: on Ng - dark brown, on Np - brown dirty green.

Ore minerals, apparently limonite, penetrate the groundmass.

Borehole 18a/1  
Interval 17.0 m

### **Lava Breccia**

The texture is coarse grained. Occasionally, the texture is spherulitic and radiate fibrous in the groundmass. The sample consists of groundmass (55%), rock debris (6%), plagioclase (15%), quartz (10%), biotite (3%), apatite (0.5%), and ore minerals (2%). The rock as a whole, is chloritized (8%) and relatively less carbonatized (3%).

Groundmass consists of many different aggregates: intensively crystallized volcanic glass, chlorite-siliceous, fine grained, radiate fibrous, and spherulitic. Rock debris, plagioclase, and quartz are angular and slightly rounded and all range in size from 0.2 by 0.3 mm to 2 by 3 mm.

Rock debris are represented by intensively ferruginized andesite and chloritic siliceous shale. Groundmass in the extrusive rock is brown with microlites of plagioclase.

Plagioclase is colorless, fractured with altered gray areas, and characterized by twinned crystals. Chlorite, and to a lesser extent carbonates, are developed along the microfractures of the plagioclase.

Quartz is colorless and slightly fractured. In some places, characteristic undulatory extinction is present. Birefringence is 0.009.

Biotite flakes are in places deformed. It is distinguished by well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - yellowish brown. A mixture of biotite and chlorite, forming fibrous and deformed aggregates, is present.

Chlorite is dirty green, pale green, and yellowish green. It is developed together with siliceous material over the groundmass, quite often forming radiate fibrous and spherulitic aggregates. Birefringence ranges from 0.03 to 0.014. Chlorite develops also along the microfractures of plagioclase.

Carbonate is colorless and forms both granular aggregates and laminar crystals, sometimes pseudomorphically substituting for plagioclase. It is distinguished by high birefringence (0.17) and the pearly tinge of interference and pseudo-absorption phenomenon.

Sphene is colorless and occasionally pale green. It is distinguished by its typical rectangular shape. Poor pleochroism is observed: on Ng - light brown, on Np - colorless.

Apatite is colorless and is observed as acicular crystals located together with the plagioclase and quartz.

Ore minerals are black, opaque, and form shapeless fine grains.

Borehole 18a/2  
Interval 18.5 m

### **Lava Breccia**

The texture is coarse grained and in some places radiate fibrous. The sample consists of groundmass (50%), rock debris (7%), plagioclase (14%), quartz (8%), hornblende (3%), biotite (2%), sphene (0.5%), apatite (0.5%), and ore minerals (1.5%). The rock is intensively carbonatized (7%) and chloritized (5%).

Groundmass consists of intensively crystallized volcanic glass, which cements the chlorite-siliceous aggregates, which in some places has radiate fibrous texture.

Rock debris are represented by intensively altered extrusive rocks - andesites. Rare rock debris of siliceous composition are also observed.

Plagioclase is colorless, fractured, twinned, and in some places deformed. A majority of the plagioclase grains, along the microfractures, is carbonatized and chloritized, and rarely biotized. Sometimes all of these processes of substitution may be observed on the same grain of plagioclase.

Quartz is colorless, fractured, and occasionally contains acicular crystals of apatite. Extinction is undulatory and birefringence is 0.009.

Hornblende is preserved in appearance as relict shapes of crystals. In most cases, they are substituted by carbonate, chlorite, and rarely biotite. The complete pseudomorphic substitution by carbonate is observed.

Biotite is laminar and platy, forming independent plates. Rarely it develops over pale green chlorite. The biotite has well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - gray yellow. Birefringence is high (0.055).

Chlorite is dirty green, pale green, and bluish green with poorly defined pleochroism. Birefringence ranges from 0.003 to 0.013.

Sphene is colorless and distinguished by its rectangular shape and high relief.

Apatite is colorless and forms oblong acicular microcrystals.

Ore minerals are black, opaque, and form fine shapeless grains.

Borehole 18a/3  
Interval 26.0 m

### **Lava Breccia**

The sample consists of groundmass (45%), rock debris (15%), plagioclase (16%), quartz (7%), biotite (1%), epidote (1.5%), ore minerals (1%), and apatite (0.5%). The rock is carbonatized and chloritized (5%).

Groundmass consists of chlorite-siliceous aggregates and partly of crystallized volcanic glass and ash. Relicts of volcanic glass have varying forms, which in some places acquired a radiate fibrous texture when they crystallized.

Rock debris are represented by extrusive rocks which, according to their structure, belong to andesite and spilite. In some places, the rock debris are fractured as a result of carbonatization.

Plagioclase is composed of angular, shapeless, colorless, and fractured grains. The edges and microfractures of the plagioclase are carbonatized and chloritized.

Quartz is angular, colorless, and slightly fractured. In some places extinction is undulatory.

Biotite is deformed, intensively chloritized, and as a result, pleochroism is poorly exhibited.

Epidote fills cavities with radiate fibrous aggregates. Birefringence is high (0.048) and pleochroism is poor: on Ng - yellowish green, on Np - light yellow. Possibly epidote is formed over the extrusive rock debris.

Apatite is colorless and forms short columnar crystals. Relief is high and birefringence is low (0.003).

Chlorite is dirty green and yellow green. It is developed both over the groundmass and over plagioclase as well as along the fractures within the extrusive rock debris.

### Andesite

The texture is diabasic. The rock is made up of idiomorphic, thin tabular oblong crystals of plagioclase between which prismatic crystals of monoclinic pyroxene and phenocrysts of plagioclase are located. The rock as a whole is carbonatized and chloritized.

Plagioclase is colorless and twinned. The plagioclase is andesine-labradorite (An 45-65). The plagioclase crystals are partially subjected to carbonatization and chloritization.

Monoclinic pyroxene (clinopyroxene) is prismatic and rarely octahedral. Pleochroism is poorly defined: on Ng - gray green, on Np - light blue green,  $cNg = 42^\circ$ , and birefringence is equal to 0.027. The majority of the pyroxene is substituted by chlorite and carbonate, quite often the complete pseudomorphic substitution by carbonates is observed and only relict forms of the crystals are evident to indicate their primary mineral of pyroxene.

Chlorite is green and bluish green. It is developed over both the plagioclase and monoclinic pyroxene. It exhibits poor pleochroism: on Ng - dark green, on Np - pale green,  $Ng-Np = 0.012$ .

Carbonate is colorless and forms granular aggregates and laminar crystals. Laminar crystals pseudomorphically substitute for the crystals of pyroxene and plagioclase. Birefringence is high (0.17).

Apatite is colorless and forms acicular and short columnar crystals. Relief is high, birefringence is low (0.003), and extinction is straight.

Quartz is secondary and is usually present as central in-fillings within microcavities. The edges of these microcavities are often coated with carbonate.

Ore minerals are black and shapeless.

Borehole 18a/5  
Interval 50.0 m

### **Lava Breccia**

This sample consists of groundmass (60%), rock debris (6%), plagioclase (20%), quartz (12%), biotite (1.5%), apatite (1%), and ore minerals (2%). The rock has been subjected to intensive carbonatization and silicification.

Groundmass consists of crystallized volcanic glass and ash, and chlorite-siliceous crystalline aggregates which in places have a radiate fibrous texture.

Rock debris are represented by angular and slightly rounded grains of extrusive rocks - andesites, spilites, and microcrystalline chlorite-siliceous rocks.

Plagioclase is colorless and fractured. In most cases, it has been subjected to carbonatization and relatively rarely to silicification, both of which are developed along the microfractures and along the edges of the plagioclase grains. Plagioclase is twinned and the twinning planes are preserved even when completely substituted.

Quartz is colorless. Two varieties are present: debris of primary grains and secondary quartz, which is hydrothermal in origin and developed over the groundmass and plagioclase.

Biotite is platy and deformed, with well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - gray yellow. Birefringence is high (0.045) and extinction is straight.

Chlorite is dirty green and yellow green. It is developed both over the groundmass, often together with quartz and over plagioclase. Birefringence ranges from 0.004 to 0.012.

Carbonate is colorless and forms fine grained aggregates and laminar crystals, very often pseudomorphically substituting the plagioclase grains. Carbonate exhibits characteristic high birefringence (0.17) and pseudoabsorption.

Apatite forms as acicular crystals and hexahedrons. Relief is high, birefringence is low (0.003), and extinction is straight.

Ore minerals are black and brownish black and forms shapeless grains.

### **Rhyodacitic Tuff Breccia**

The texture is coarse grained. The sample consists of groundmass (55%), rock debris (8%), plagioclase (18%), quartz (7%), hornblende (2%), apatite (0.5%), fluorite (2%), and ore minerals (2%). The rock is slightly carbonatized (2.5%) and chloritized (2%).

Groundmass consists of volcanic glass, ash, and arenaceous material. Volcanic material is crystallized with the formation of chlorite-siliceous aggregates with relicts of volcanic glass. Volcanic crystalline masses, in some places, have a radiate fibrous texture.

Rock debris are angular, colorless, and transparent, and in some places weathered. There are both zoned and twinned plagioclase present in the sample. Plagioclase is of andesine-labradorite composition (An 40-55). In some places, the plagioclase contains inclusions of volcanic glass and acicular crystals of apatite.

Quartz is angular, colorless, slightly rounded, and fractured. Extinction is typically undulatory. Some of the quartz is developed along the microfractures which is connected with secondary hydrothermal processes.

Hornblende forms rare prismatic microcrystals, which in general, are substituted by carbonate and rarely by biotite and chlorite. The preserved relict parts have typical pleochroism: on Ng - blue green, on Np - light yellow green,  $Ng-Np = 0.025$ ,  $cNg = 22^\circ$ .

Biotite forms rare plates which are slightly deformed. Pleochroism is well defined: on Np - gray yellow, on Ng - dark brown. Birefringence is high (0.049).

Apatite is colorless and forms oblong acicular crystals and hexahedral sections. Birefringence is low (0.003).

Fluorite is colorless, in some places, with a violet tinge, and isotropic. The refractive index is lower than that of Canada balsam. The fluorite exhibits typical low relief. Fine microcrystals of fluorite are located along the microfractures of the rock.

Ore minerals are black, opaque, and shapeless.

Chlorite is dirty green and blue green. The first variety is developed over the groundmass and the blue green variety over hornblende often together with carbonates.

Carbonate is colorless and developed over the groundmass as granular aggregates and also over hornblende and plagioclase. It is distinguished by pearly interference color and high birefringence (0.17).



Borehole 18a/7  
Interval 114.2 m

### **Tuff Sandstone Containing Coaly Material**

The texture is coarse grained. The sample consists of groundmass (50%), rock debris (7%), plagioclase (17%), quartz (11%), biotite (2%), fluorite (3.5%), apatite (0.5%), ore minerals (2%), coaly material (3%), and trace microcrystals of zircon. The rock is partially chloritized (3%).

Groundmass consists of volcanic glass, ash, and arenaceous material. Volcanic material is crystallized and forms chlorite-siliceous granular aggregates.

Rock debris are angular and rounded, and have sizes ranging up to 3 by 5 mm. They are represented by dark brown extrusive rocks with microlites of plagioclase and gray and yellowish gray microcrystalline quartzite.

Plagioclase is colorless, transparent, and angular. Both twinned and zoned varieties are present.

Quartz is colorless and the grains are usually angular, but occasionally rounded. A portion of the quartz is developed along microfractures. The refractive index is higher than that of Canada balsam, but lower than that of plagioclase. Birefringence is equal to 0.009.

Biotite forms plates, which are generally aligned along lamination planes of the rock. In some places, the biotite forms over the chloritic part of the groundmass. The biotite is distinguished by well defined cleavage and well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - gray yellow.

Chlorite is both dirty green and yellowish green. The first variety is developed over the groundmass and has low birefringence (0.004). The second variety is developed along the lamination planes and has relatively high birefringence (0.013). Pleochroism is poorly exhibited.

Fluorite is colorless and isotropic, forming platy and granular aggregates. The refractive index is lower than that of Canada balsam and the groundmass. Fluorite fills cavities and microfractures within the rock.

Zircon is colorless and forms short columnar crystals. Relief is high. It is distinguished by the high birefringence (0.055) and anomalous interference color.

Apatite is colorless and forms short columnar crystals and hexahedrons. Relief is high, extinction is straight, and birefringence is low (0.003).

Ore minerals are black and opaque.

Coaly material is brownish black, shapeless with diffused margins.

Borehole 18a/8  
Interval 117.8 m

### **Laminated Tuff Sandstone**

The texture is fine grained. The sample consists of groundmass (75%), quartz debris (15%), plagioclase (8%), biotite (1%), apatite microcrystals (1%), and zircon (<0.5%). The rock as a whole is slightly deformed and laminated.

Groundmass consists of crystalline volcanic material and argillo-arenaceous material. The crystallized portion of the volcanic material is made up of fine grained siliceous-chloritic aggregate.

Quartz is angular and colorless and distributed unevenly in the groundmass.

Plagioclase is angular, colorless, and twinned.

Biotite is deformed and chloritized, and as a result, pleochroism is poorly defined; on Ng - chestnut brown, on Np - yellowish brown. Birefringence is lower than usual (0.035) which is probably due to the deformation.

Borehole 18a/9  
Interval 121.6 m

**Arenaceous Siltstone**

The sample consists of a brown and dark brown siltstone mass with inclusions of coaly material and arenaceous material in which the particles of quartz were determined under increased magnification (8 by 40). Coal material is black and brownish black, laminated, opaque, and slightly translucent only along the edges.

Borehole 18a/10  
Interval 135.8 m

**(Tectonic) Breccia**

The sample consists of andesite debris, which are cemented by a siliceous-chloritic fine grained mass. The cavities of the rock are filled with quartz. Fluorite and zircon are observed in small quantities in the microfractures. The predominant part of this thin section surface is made up of andesite breccia.

Andesite is fractured and the texture is fluidal, occasionally radiate fibrous. The groundmass is chloritized and albitized.

Laths and microlites of plagioclase, in general, are oriented and are colorless. The refractive index of the plagioclase is higher than that of Canada balsam and quartz, which may indicate that they are medium and basic plagioclases.

Quartz fills cavities of the rocks and is colorless and fine grained. Extinction in some places is undulatory and birefringence is equal to 0.009.

Fluorite is colorless, in some places with a light violet tinge, and isotropic. It is distinguished by low negative relief. The refractive index is lower than the refractive index of Canada balsam.

Zircon forms rounded grains, is colorless, and is distinguished by high and uneven relief and high birefringence (0.052).

Borehole 18a/11  
Interval 146.5 m

### **Tuff Sandstone**

The texture is fine grained. The sample consists of groundmass (67%), rock debris (6%), plagioclase (9%), quartz (7%), biotite (1%), apatite (1%), garnet (2%), and ore minerals (2%). The rock is slightly chloritized (3%) and carbonatized (2%).

Groundmass consists of brown argillaceous material and volcanic ash. It is crystallized forming siliceous-chloritic microcrystalline aggregates, with relicts of brown material.

Rock debris are represented by dark brown, basic, extrusive rock and yellowish gray quartzite. Debris are rounded and semi-rounded.

Plagioclase forms slightly rounded and angular grains. It is colorless and both zoned and twinned plagioclase is present. It is fractured and has inclusions of volcanic material and rare acicular microcrystals of apatite. Quartz and chlorite are developed along the microfractures of the plagioclase in some places.

Quartz is colorless, slightly fractured, and angular. Birefringence is equal to 0.009.

Biotite is deformed. It forms over chlorite and occasionally over plagioclase. As a result of the deformation, the pleochroism is poorly defined: on Ng - chestnut brown, on Np - greenish brown. Birefringence is low (0.036).

Apatite is colorless and forms short columnar and acicular crystals. Relief is high and birefringence is low (0.003).

Garnet is colorless, occasionally with a greenish tinge. Relief is high and varied.

Chlorite is dirty green, laminar, and fibrous. Birefringence is low (0.004).

Carbonate is colorless and developed over the groundmass and occasionally over plagioclase.

Borehole 18a/12  
Interval 147.5 m

**Arenaceous Tuff Siltstone**

The rock consists of groundmass (85%), quartz (7%), plagioclase (6%), and mica (2%).

Groundmass consists of brown argillaceous material and microcrystalline chloritic material with relicts of volcanic ash. The brown material is isotropic and opaque. The chloritic material is slightly transparent. Matted fibrous texture is observed under high magnification (60 by 80).

Quartz and plagioclase are present as very fine particles, not more than 0.1 mm in size. The quartz is shapeless.

Mica is light colored and colorless. Extinction is straight and birefringence is high (0.036).

Borehole 18a/13  
Interval 150.0 m

### **Silty Tuff Sandstone**

The texture is fine grained, psammito-pelitic. The rock consists of groundmass (80%), sandy material which contains rock debris (4%), quartz (10%), plagioclase (3%), and biotite (1%).

Groundmass consists of crystalline volcanic ash and brown argillaceous amorphous material. The volcanic crystallized material mainly consists of chlorite and relatively less silica.

Rock debris are well rounded and have sizes ranging up to 0.5 mm. They are represented by basic extrusive rocks as well as spilite (spilitic texture is observed) and microcrystalline quartzite.

Quartz is colorless and shapeless. It is distributed unevenly in the groundmass.

Plagioclase is colorless and twinned.

Biotite is platy and slightly deformed. Pleochroism is well defined: on Ng - dark brown, on Np - gray yellow.

Borehole 18a/14

Interval 153.1 m

### **Tuff Sandstone**

The texture is medium grained. The sample consists of groundmass (65%), plagioclase (15%), quartz (12%), biotite (2%), and chlorite (6%).

Groundmass consists of brown and dark brown opaque material and of siliceous-chloritic microcrystalline aggregates. The brown material apparently consists of volcanic ash and clay.

Plagioclase is colorless, transparent, forms shapeless and angular grains, and is twinned.

Quartz is colorless and in some places transparent. It forms both angular and rounded grains.

Biotite is platy and slightly deformed. Extinction is straight. Pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - yellowish brown. Birefringence is equal to 0.046.



Borehole 18a/15

Interval 153.3 m

### **Rhyolitic Welded Tuff**

The texture is felsitic and in some places spherulitic. The rock consists of groundmass (70%), rock debris (5%), porphyritic phenocrysts of quartz (8%), plagioclase (5%), biotite (2%), chlorite (3%), pyrophyllite (2%), and carbonate (5%).

Groundmass consists of volcanic glass, the majority of which has been subjected to devitrification with the formation of quartz-chloritic fine grained, entangled fibrous, and spherulitic aggregates. Relict volcanic glass is colorless and transparent, forms whimsical shapes, and is isotropic. The refractive index of the relict glass is less than that of Canada balsam.

Rock debris are dark brown and intensively ferruginized and carbonatized.

Quartz is colorless and forms rounded, shapeless grains, the edges of which are etched/corroded by volcanic glass.

Plagioclase is colorless and transparent. Plagioclase grains in some places are etched/corroded by volcanic glass. The plagioclase is twinned.

Biotite is platy and dark brown, almost black. Pleochroism is well defined: on Ng - dark brown, almost black, on Np - yellowish light brown.

Chlorite is light green and yellow green. It fills cavities of the rocks. In some places, the chlorite pseudomorphically substitutes for the colored minerals.

Pyrophyllite is colorless and foliated. It is distinguished by high birefringence (0.048).

Carbonates are brownish gray and colorless. Mainly they are developed over the rare rock debris.

Borehole 19a/1

Interval 48.0 m

### **Tuff Sandstone**

The texture is coarse grained and in some places radiate fibrous and spherulitic. The sample consists of groundmass (55%), rock debris (5%), plagioclase (14%), quartz (11%), biotite (2%), ore minerals (1.5%), and apatite (0.5%). The rock is carbonatized (4%) and chloritized (7%).

Groundmass consists of volcanic glass, ash, and extremely fine grained arenaceous material. The volcanic material is mainly crystallized (devitrified) with the formation of chlorite-quartzose fine grained aggregates with radiate fibrous and spherulitic texture. The relicts of colorless and transparent volcanic glass have the shapes of fibers, sticks, small horns, etc.

Rock debris have sizes ranging up to 0.3 by 0.5 mm. They are rounded and occasionally slightly rounded. The rock debris are represented by intensively ferruginized altered extrusive rocks, apparently of basic composition and by siliceous microcrystalline quartzite.

Plagioclase is colorless, transparent, and angular. Plagioclase is present as both zoned and twinned varieties. The plagioclase grains often contain inclusions of volcanic glass. The plagioclase is substituted by carbonate and chlorite along microfractures.

Quartz is colorless and microfractured. It forms different grain shapes including rounded, right angled, and occasionally hexahedrons.

Biotite is platy and deformed, with well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - yellowish light brown.

Chlorite is greenish blue and greenish yellow. The second variety is developed over the groundmass and the greenish blue variety fills the cavities of rocks and apparently pseudomorphically substitutes the colored minerals. In this thin section, only relict contours of colored minerals are preserved. Pleochroism: on Ng - greenish blue, on Np - yellowish green. Birefringence is relatively high (0.014).

Carbonate is colorless and developed over the groundmass and plagioclase. The carbonate pseudomorphically substitutes amphiboles, which are preserved only as outlines in transverse section.

Ore minerals are black and opaque.

Apatite is colorless and forms short columnar crystals. Relief is high and birefringence is low (0.003).

### **Tuff Sandstone**

The texture is coarse grained. The sample consists of groundmass (58%), rock debris (9%), plagioclase (12%), biotite, apatite (0.5%), ore minerals 92%), and relict crystals of hornblende. The rock is chloritized (6%), carbonatized (3%), and slightly sericitized (0.5%).

Groundmass consists of brown argillaceous material, chlorite-quartzose microcrystalline aggregates, and relict forms of volcanic glass which is completely substituted by quartz.

Rock debris are rounded and angular. They are represented by dark gray and dark brown ferruginized basic extrusive rocks such as andesite, spilite, and siliceous rocks.

Plagioclase is colorless and fractured. Both twinned and zoned plagioclase is present. A portion of the plagioclase grains is carbonatized along the microfractures.

Quartz is colorless, transparent, and forms both rounded and angular grains. Extinction is undulatory. Large amounts of secondary quartz are present and are developed over the groundmass and along the microfractures.

Hornblende is represented in this thin section by two prismatic crystals, which are mainly substituted by carbonate and chlorite, and relatively less by biotite. Relict areas are represented by a green variety with well developed pleochroism: on Ng - green, on Np - yellowish green,  $cNg = 19^\circ$ ,  $Ng-Np = 0.023$ .

Biotite forms rare, small, deformed plates with well developed pleochroism: on Ng - dark brown, almost black, on Np - yellowish light brown,  $Ng-Np = 0.049$ .

Chlorite is dirty green and grass green. The dirty green variety is developed over the groundmass and has low birefringence (0.003 - 0.005). The second variety is developed on hornblende and plagioclase, in some places pseudomorphically substituting for them. Birefringence is relatively high (0.014).

Carbonate is colorless and gray. It is developed on the groundmass, plagioclase, and hornblende. It is distinguished by high birefringence (0.170 and pearly interference color).

Sericite occurs in small amounts over the chloritic-siliceous groundmass. It forms small plates and is colorless. Extinction is straight and birefringence is high (0.044).

Ore minerals are black, opaque, and form small shapeless grains.

Borehole 19a/3  
Interval 62.5 m

### **Andesite**

The texture is ophitic and porphyritic. The rock consists of groundmass (66%), phenocrysts of plagioclase (13%), monoclinic pyroxene (7%), and traces of ore minerals. The rock is chloritized (4%), carbonatized (5%), and silicified (3%).

Groundmass consists of dark gray volcanic glass and microlites of plagioclase. In some places, the groundmass is chloritized, silicified, and carbonatized.

Plagioclase forms phenocrysts of thin tabular crystals, which in some places are partially chloritized and carbonatized. The plagioclase is andesine-labradorite in composition (An 40-65).

Monoclinic pyroxene (clinopyroxene) forms individual phenocrysts within the groundmass. The pyroxene is colorless, relief is high,  $cNg = 42^\circ$ , and  $Ng-Np = 0.028$  and so may be considered pigeonite. Some of the pyroxene grains are carbonatized and rarely silicified.

Ore minerals are black and opaque. Relatively large grains are located in association with the pyroxene grains and the smaller grains are scattered throughout the groundmass.

Chlorite forms granular and platy aggregates, fills cavities of the rock, and substitutes for the groundmass and pyroxenes. Chlorite has poor pleochroism: on Ng - yellow green, on Np - bluish green,  $Ng-Np = 0.011$ .

Carbonate is colorless and developed on the groundmass, plagioclase, and pyroxene, quite often in conjunction with quartz. It is distinguished by high birefringence (0.17) and the phenomenon of pseudoabsorption.

Quartz is colorless and developed along the microfractures within the groundmass and developed partially on phenocrysts of plagioclase and pyroxene.

### **Tuff Sandstone**

The texture is coarse grained. The rock consists of groundmass (60%), rock debris (5%), plagioclase (14%), quartz (7%), pyroxene (2%), hornblende (3%), and biotite (3%). The rock is slightly carbonatized (5%) and rarely chloritized.

Groundmass is light brown and yellowish brown. It consists of volcanic glass, ash, and quartz carbonaceous fine grained aggregates. The volcanic material is slightly crystallized with formation of quartz-chloritic aggregates. In some places, the groundmass is carbonatized, silicified, and sometimes along the fractures is sericitized. The main part of the groundmass is isotropic.

Rock debris are rounded and slightly angular, and in some places fractured. They are represented by extrusive rocks such as andesite, spilite, and siliceous rocks. Groundmass of the rock debris is brown and black, which is due to ferruginization. Microlites and laths of plagioclase, non ferruginized, are also present.

Plagioclase is colorless, slightly fractured, and angular. Both zoned and twinned varieties are present. Most of the plagioclase is fresh and unaltered. Sometimes the grains are carbonatized along microfractures.

Quartz is colorless, angular, and rarely rounded. Undulatory extinction is typical. Birefringence is low (0.003).

Pyroxene is colorless, fractured, and forms tabular crystals. Four grains of pyroxene are noted in this thin section, three of which are monoclinic and one is rhombic. Birefringence of the monoclinic pyroxene is equal to 0.023,  $cNg = 37^\circ$ . Extinction of the rhombic pyroxene is straight and birefringence is equal to 0.015. Grains of pyroxene are carbonatized and only relicts are preserved.

Biotite is platy with well defined pleochroism: on Ng - dark brown, almost black, on Np - yellowish brown.

Hornblende forms short columnar crystals and has well developed pleochroism: on Ng - brown green, on Np - light yellow brown,  $cNg = 19^\circ$ ,  $Ng-Np = 0.018$ . Hornblende is partially carbonatized and chloritized.

Carbonate is colorless and forms granular aggregates and laminar crystals. It is distinguished by high birefringence (0.17), interference color, and pseudoabsorption.

Ore minerals are black, opaque, and form irregular grain shapes. A single occurrence of ore mineral symplectic intergrowth with biotite was observed.

Borehole 19a/5  
Interval 131.0 m

### **Tuff Sandstone**

The sample consists of dark brown material and extrusive and siliceous rock debris. Quartz, plagioclase, and ore minerals are present in small amounts. The rock as a whole is intensively broken and slightly carbonatized.

Dark brown material is opaque, amorphous, and partially crystallized with the formation of siliceous-chloritic microcrystalline aggregates, which in some places are carbonatized.

Rock debris are represented by dark gray spilite and gray siliceous rocks. Spilite is composed of basic chlorite-albite masses with oblong laths of albite, and very fine ore mineral grains.

Plagioclase is colorless, deformed, and twinned.

Quartz is colorless and fractured. Extinction is undulatory.

Ore minerals are black and opaque.

Borehole 19a/6  
Interval 134.5 m

### **Tuff Sandstone**

The texture is coarse grained. The sample consists of groundmass (60%), rock debris (15%), plagioclase (14%), quartz (8%), and ore minerals (3%).

Groundmass consists of brown and dark brown opaque material.

Rock debris are represented by extrusive rocks, interpreted to be andesites with plagioclase phenocrysts. The groundmass of the rock debris is ferruginized, almost black, with microlites of plagioclase.

Plagioclase is colorless, fractured, and angular. Both zoned and twinned varieties are present. The plagioclase grains contain inclusions of volcanic glass and acicular microcrystals of apatite.

Quartz is colorless, angular, extensively fractured, with typical undulatory extinction.

Ore minerals are black, opaque, and form shapeless small grains.

Borehole 19a/7  
Interval 140.5 m

### **Brecciated Tuff Sandstone**

The texture is coarse grained and tectonically broken. The sample consists of groundmass (53%), rock debris (25%), plagioclase 96%), quartz (5%), and trace amounts of biotite and ore minerals.

Groundmass is brown and dark brown, partly crystallized with the formation of chlorite-siliceous microcrystalline aggregates. The groundmass is carbonatized along microfractures.

Rock debris are represented by andesite and spilite. The groundmass of the andesites is brown, opaque, and contain colorless microlites and phenocrysts of plagioclase. Spilites have a chlorite-albitic groundmass and contain albite laths. Refractive index of the plagioclase-albite is lower than that of Canada balsam.

Plagioclase is colorless, angular, and intensively fractured. The plagioclase present in this sample is twinned.

Quartz is colorless, angular, and rounded, with undulatory extinction.

Biotite forms fibrous aggregates together with chlorite. The biotite-chlorite mixture is chestnut brown, in contrast to pure biotite. Pleochroism is poorly developed: on Ng - chestnut brown, on Np - yellowish brown.

Ore minerals are black and opaque.



Borehole 19a/8  
Interval 150.8 m

**Rhyolite (Liparite)**

The texture is spherulitic. The sample consists of volcanic glass (85%), quartz phenocrysts (8%), and plagioclase (5%). The rock is slightly carbonatized (2%).

Volcanic glass is brown and yellowish brown, isotropic, and partially crystallized, resulting in the formation of spherulitic quartz and siliceous material. The groundmass, i.e. volcanic glass, is slightly carbonatized.

Quartz is colorless and forms irregular grain shapes. Extinction is undulatory. Birefringence is equal to 0.009.

Plagioclase is colorless, slightly weathered, and twinned. The plagioclase is oligoclase-andesine in composition (An 20-35).

Carbonate is colorless and forms fine grained aggregates. It is distinguished by high birefringence (0.17) and pseudoabsorption.

Borehole 19a/9  
Interval 152.0 m

### **Tuff Sandstone**

The rock is broken, disintegrated, resulting in very poor quality of the thin section.

The rock consists of groundmass, altered and deformed rock debris, plagioclase, quartz, and ore minerals.

Groundmass is brown and dark brown and isotropic. The chlorite-siliceous portion of the groundmass is microcrystalline and anisotropic.

Rock debris are interpreted to be basic extrusive rocks and are intensively deformed and altered.

Plagioclase is colorless and transparent. Both zoned and twinned plagioclase is present. The plagioclase grains contain inclusions of volcanic glass and acicular microcrystals of apatite.

Quartz is colorless, angular and forms irregular grain shapes. Undulatory extinction is typical.

Ore minerals are black and opaque.

Borehole 19a/10  
Interval 159.2 m

### **Rhyolite (Liparite)**

The rock consists of volcanic glass (85%), quartz phenocrysts (6%), plagioclase (3%), biotite (2%), xenoliths (remnant extrusive rocks), and ore minerals.

Volcanic glass is brownish gray and gray and colorless. The majority of the volcanic glass is subjected to crystallization, resulting in the substitution of the volcanic glass by siliceous microcrystalline aggregates that are difficult to distinguish/differentiate even under increased magnification. The non-crystallized portion of the glass is colorless and light gray, isotropic, and forms different whimsical shapes such as plates, sticks, and others.

Quartz is colorless. In some places extinction is undulatory. Birefringence is equal to 0.009.

Plagioclase is colorless and twinned. It has a composition of oligoclase-andesine (An 25-42).

Biotite forms fine plates with well defined pleochroism: on Ng - dark brown, on Np - yellowish light brown.

Ore minerals are black and opaque.

Relicts of extrusive rocks are intensively altered and difficult to determine origin.

Borehole 19a/11  
Interval 161.5 m

**Rhyolite (Liparite)**

The rock consists of volcanic glass (80%), xenoliths of extrusive rocks (4%), quartz (6%), plagioclase (3%), and ore minerals (1.5%). The rock is slightly chloritized.

Volcanic glass is brown and yellowish brown and isotropic. The refractive index is lower than that of Canada balsam. The majority of the volcanic glass (65%) is crystallized forming microcrystalline siliceous aggregates of both radiate fibrous and spherulitic texture.

Quartz is colorless, transparent, and twinned. Its composition is andesine (An 33-36).

Xenoliths of intensively chloritized, ferruginized extrusive rocks are corroded along the edges.

Ore minerals are black and opaque.

+

## **Appendix D**

**Thin Section Descriptions, in Russian, from samples of the  
Antaramut-Kurtan-Dzoragukh Coal Field**

## Андезит

Структура порфировая, основная масса - флюидальная. Вкрапленники составляют 30% от общей массы, основная масса - 70%. Порфировые выделения вкрапленников представлены плагиоклазами (15%), моноклинным пироксеном (7%), оливином (3%).

Акцессорные минералы: апатит (около 1%), магнетит (2%), пирит (1%).

Вторичные минералы: хлорит (1,5%), эпидот (1%), цеолиты (2,5%), карбонаты (1,5%). Вторичные минералы развиваются, главным образом, по основной массе.

Плагиоклаз образует идиоморфные, таблитчатые, серовато-белые кристаллы. Также, в виде микролитов, является составной частью флюидальной основной массы. Для плагиоклазов характерны полисинтетические двойники. Состав плагиоклазов определен по максимальному углу погасания двойников и соответствует составу ряда андезин - лабрадор (NN 35-55). Везде, показатель преломления плагиоклазов выше аналогичного показателя канадского бальзама (1,54). Часть плагиоклазов слегка подвержена соскюритизации, придающую им серую окраску.

Моноклинный пироксен образует призматические кристаллы, бесцветный, рельеф высокий с характерным базальным разрезом. Угол погасания  $cNg$  43°, двупреломление ( $Ng - Np = 0,028$ ).

Оливин представлен толстотаблитчатыми кристаллами и округлыми зернами, бесцветен, рельеф высокий, угол погасания прямой. Для оливина характерны неправильные изгибающиеся трещины, высокое двупреломление ( $Ng - Np = 0,040$ ).

Апатит бесцветный, удлиненные игольчатые кристаллы, погасание прямое, двупреломление низкое ( $Ng - Np = 0,002$ ), рельеф высокий.

Рудный минерал черный, буровато-черный, бурый.

Основная масса состоит из микролитов плагиоклаза, бурого, темно-серого вулканического стекла и отличается флюидальной структурой. По основной массе развиваются чешуйки хлорита и зернистая масса эпидота и цеолита.

Порода, вдоль микротрещин, слабо карбонатизирована.

### Шлиф № 3

#### Вулканическая брекчия дацитового состава

Структура кристаллокластическая, с элементами витрокластической и литокластической. Цементирующей массой, в основном, является вулканический пепел с включением остроугольных обломков плагиоклазов, амфиболов, редко, кварца. Часть цемента представляет собой лавовый (вулканическое стекло) материал. Включает в себя обломки туффитов, кислых и основных эффузивов.

Плагиоклаз бесцветный, серый. Форма различная - таблитчатая, угловатая. Состав плагиоклазов соответствует ряду андезин - лабрадор, который определен по максимальному углу погасания. Часть кристаллов подвержена сосюритизации.

Амфибол представлен роговой обманкой с четко выраженным плеохроизмом: по Ng - оливково-зеленый, по Np - светло-желто-зеленый, угол погасания  $cNg = 22^\circ$ , двупреломление 0,021.

Кварц белый, зерна круглые, угловатые с волнистым погасанием, угол преломления выше аналогичного угла канадского бальзама, двупреломление не превышает 0,009.

Апатит образует удлиненные игольчатые кристаллы.

Рудный минерал черный, бурый.

Обломки пород представлены андезитами, реже, кварцитами и алевролитами.

Порода слегка, вдоль микротрещин, подвергнута хлоритизации, карбонатизации, окварцеванию.

### Андезит (обломок)

Структура гиалопилитовая. Вкрапленники составляют до 40% от общей массы. Порфиновые вкрапленники представлены плагиоклазом (20%), амфиболом (8%), биотитом (3%).

Акцессорный минерал - апатит (1%)

Рудный минерал - магнетит (1,5%)

Вторичные минералы - хлорит (2%), эпидот (1%), карбонат (4%)

Плагиоклаз образует таблитчатые формы кристаллов, бесцветный. Соскюритизированные кристаллы серые. Порода слабо деформирована, поэтому часть зерен разбита микротрещинами, вдоль которых идет окварцевание и карбонатизация. Состав плагиоклаза варьирует в пределах номеров NN 33-56, что соответствует ряду андезин-лабрадор. Во всех замерах по линии Бекке угол преломления выше канадского бальзама. Наблюдаются также зональные плагиоклазы.

Амфибол представлен зеленой роговой обманкой с характерным плеохроизмом: по Ng - зеленый по Nr - желтовато-зеленый,  $cNg = 25^\circ$ ,  $Ng - Nr = 0,024$ . Часть зерен амфибола по краям и вдоль микротрещин хлоритизирована. В шлифе в небольшом количестве присутствуют также удлиненные кристаллы темно-коричневой базальтической роговой обманки.

Биотит темно-коричневый с резким плеохроизмом: по Ng - темно-коричневый, по Nr - бледно-желтый. Имеет прямое погасание, отличается высоким двупреломлением (0,050).

Апатит представлен удлиненными, призматическими кристаллами, погасание прямое, рельеф сравнительно высокий, двупреломление низкое (0,020).

Основная масса состоит из микролитов плагиоклаза и вулканического стекла серовато-зеленого цвета, угол преломления вулканического стекла выше канадского бальзама. Основная масса слабо карбонатизирована и хлоритизирована, относительно редко эпидотизирована.

Рудный минерал представлен магнетитом и пиритом с характерным квадратным срезом.



### Лавобрекчия риолита

Структура лавовой части - флюидальная. Порода состоит из трех частей: основной массы, вкрапленников и обломков разнородных пород. Вкрапленники составляют 40% от общей площади шлифа и представлены плагиоклазом (15%), кварцем (20%), апатитом (0,5%), цирконом (меньше 0,5%), рудным минералом.

Основная масса сложена из микролитов и вулканического стекла.

Обломки представлены эффузивными породами среднего и кислого состава, кварцем и плагиоклазами.

Плагиоклаз бесцветный, серый, таблитчатый, призматический, с плоскостями двойникования. Также наблюдаются зональные плагиоклазы. Состав варьирует в пределах NN 20-50, т.е. соответствует ряду андезин-лабрадор. Угол преломления везде выше показателя канадского бальзама. Местами, кристаллы плагиоклаза содержат удлинённые кристаллики апатита и включения вулканического стекла.

Кварц белый, бесцветный, форма зерен круглая, угловатая, погасание волнистое, двупреломление невысокое (0,008), оптически одноосный.

Апатит образует удлинённые кристаллики как среди основной массы, так и в зернах кварца и плагиоклазов.

Циркон - бесцветный, мелкие кристаллики, рельеф шагреневый, двупреломление высокое (0,055).

Рудный минерал образует круглые и бесформенные зерна. Окраска черная, буровато-черная.

Основная масса серая, местами зеленоватая. При большом увеличении (20x8) наблюдаются кристаллы микролитов и бесформенные зерна кварца. Часть основной массы подвергнута карбонатизации и окварцеванию. Карбонаты, местами, образуют ромбоэдрические кристаллы.

Обломки, охваченные лавой, представлены плагиоклазом, кварцем и эффузивами кислого состава.

### Вулканическая брекчия риодацита

Состоит из основной массы и вкрапленников. Структура кристаллокластическая с порфировыми выделениями вкрапленников. Вкрапленники составляют 20% поверхности шлифа, представлены плагиоклазами (10%), кварцем (7%), роговой обманкой (1%), биотитом (2%). Акцессорные минералы - апатит (0,5%), циркон (редкие кристаллики). Вторичные минералы (5%) - хлорит, хлорит - биотитовая масса, карбонат, цеолит и рудные минералы.

Обломки пород в основной массе составляют 10%, представлены дацитами, туфопесчаниками и сильно измененными эффузивами.

Плагиоклаз бесцветный, белый, измененные разновидности - серые. Форма кристаллов разная: таблитчатые, призматические, угловатые с полисинтетическими двойниками. Состав варьирует от олигоклаза до лабрадора (NN 25-56). Встречаются кристаллы зональных плагиоклазов, где в центре состав их более основной (NN 50-56). Состав плагиоклазов определен в ориентированных разрезах, по максимальному углу погасания.

Кварц бесцветный, прозрачный, зерна имеют неправильные формы, для них характерно волнистое погасание, двупреломление равно 0,009, угол преломления больше канадского бальзама.

Роговая обманка короткостолбчатая, зеленая с хорошо выраженным плеохроизмом: Ng - зеленый, Np - светло-зеленый,  $Ng - Np = 0,018$ ,  $cNg = 17^\circ$ .

Биотит образует тонкие чешуйки с совершенной спайностью, цвет темно-коричневый с резко выраженным плеохроизмом: по Ng - темно-коричневый, по Np - серо-желтый, погасание прямое, двупреломление равно 0,048. Преобладающая часть биотита развивается по основной массе, нередко совместно с хлоритом. Ряд зерен биотита опацифицирован, в результате приобретая бурую окраску.

Хлорит бледно-зеленый, зеленый, образует чешуйки и радиально-лучистые агрегаты, спайность совершенная. Зеленая разновидность резко плеохроирует от зеленого до светло-желтого цвета. Двупреломление варьирует в широких пределах от 0,006 до 0,015. Хлорит, главным образом, замещает основную массу, сравнительно реже биотит и плагиоклаз.

Карбонат бесцветный, серый, развивается вдоль микротрещин по основной массе, имеет небольшое развитие.

Цеолит редкие, мелкие бесцветные участки волокнистого строения, угол преломления ниже аналогичного показателя канадского бальзама.

Апатит бесцветный, образует удлиненные игольчатые кристаллики, погасание прямое, двупреломление низкое (0,003), угол преломления высокий, выше чем у плагиоклазов и кварца.

Циркон бесцветный, короткостолбчатый, округлый, отличается

высоким двупреломлением (0.055).

Основная масса зеленовато-серая, желтовато-серая с включениями микролитов полевых шпатов, обломков эффузивных пород, плагиоклазов, кварца, туфопесчаников. Основная масса, частично, хлоритизирована и карбонатизирована.

## Риодацит порфировый

Структура фельзитовая с порфировыми выделениями вкрапленников. Вкрапленники составляют 60% поверхности шлифа. Представлены плагиоклазами (20%), кварцем (20%), роговой обманкой (10%), биотитом (10%). Акцессорные минералы - хлорит, КПШ и кварц. Присутствует также и рудный минерал..

Плагиоклаз белый, бесцветный, образует таблитчатые кристаллы, редко зонального строения. Зональные плагиоклазы в центральной части имеют основной состав (NN 50-55), по краям более кислый (NN 25-35). Кристаллы плагиоклаза содержат включения вулканического стекла, игольчатых кристаллов апатита и циркона.

Кварц бесцветный, прозрачный, образует круглые, бесформенные зерна, двупреломление равно 0,009, имеет волнистое погасание, показатель преломления выше вулканического стекла и канадского бальзама. Кроме первичного кварца, в незначительном количестве присутствует вторичный кварц, который развивается по микротрещинам и краям плагиоклаза, иногда совместно с калиевым полевым шпатом.

Роговая обманка образует короткопризматические кристаллы, реже базальные разрезы шестиугольной формы с углом  $124^\circ$ . Без анализатора роговая обманка зеленая с четко выраженным плеохроизмом: по Ng - оливково-зеленый по Np - бледно-желто-зеленый.  $Ng - Np = 0,025$ ,  $cNg = 18^\circ$ . Местами, роговая обманка, по краям слабо опацифицирована и корродирована.

Биотит темно-коричневый с резким плеохроизмом: по Ng - темно-коричневый, по Np - бледно-желтый, погасание прямое,  $Ng - Np = 0,060$ . Незначительная часть биотита коричнево-бурая и совместно с хлоритом развиваются по основной массе.

Хлорит бледно-зеленый, синевато-зеленый с характерным плеохроизмом: по Ng - зеленый, по Np - светло-желтый. Хлорит развивается по основной массе, частично захватывая зерна плагиоклаза, биотита и роговой обманки.

Апатит бесцветный, образует удлиненные игольчатые кристаллики, расположенные внутри зерен плагиоклаза и кварца, реже в основной массе.

Циркон бесцветный, рельеф высокий, двупреломление равно 0,055. Образует мелкие, круглые кристаллики внутри зерен плагиоклаза и кварца.

Рудный минерал черный, буровато-черный, непрозрачный.

Основная масса желтовато-серая, зеленовато-серая, местами буроватая с микролитами полевых шпатов. Стекло частично деформировано, в результате чего, часть стекла превращена в криптокристаллический фельзитовый агрегат, состоящий из мелких кристалликов полевых шпатов и кварца.

### Вулканическая брекчия дацита

Структура литокластическая, частично фельзитовая.

Состоит из основной массы, порфировых вкрапленников и обломков различных минералов и эффузивных пород.

Вкрапленники составляют 30% от поверхности шлифа, представлены плагиоклазом (15%), кварцем (10%), биотитом (4%), акцессорным апатитом (1%) и рудным минералом (1,5%). В незначительном количестве присутствуют и вторичные минералы - хлорит, эпидот, карбонат, альбит и кварц.

Плагиоклаз бесцветный, образует идиоморфные таблитчатые кристаллы с полисинтетическими двойниками. Состав плагиоклазов определен в ориентированных разрезах по максимальному углу погасания и соответствует андезин-лабрадору (NN 30-55). Преобладающая часть кристаллов плагиоклаза деформирована, трещиновата. Вдоль микротрещин и по краям, зерна плагиоклазов подвергнуты карбонатизации, окварцеванию, реже альбитизации.

Кварц бесцветный, образует округлые и неправильные формы зерен, местами деформирован, с микротрещинами, двупреломление низкое (0,009). Кроме первичного кварца, в породе в незначительном количестве присутствует вторичный кварц, развивающийся по основной массе и по плагиоклазу.

Биотит чешуйчатый, темно-коричневый с резко выраженным плеохроизмом: по Ng - темно-коричневый, по Nr - бледно-желтый, погасание прямое, двупреломление высокое (0,055). Незначительная часть биотита имеет буровато-коричневую, бурую окраску со слабо выраженным плеохроизмом.

Апатит серый, серовато-бурый, образует удлиненные игольчатые кристаллики, реже шестиугольные срезы. Игольчатые кристаллики расположены среди зерен плагиоклаза и кварца, шестигранники - в основной массе.

Альбит бесцветный, развивается по плагиоклазу, вдоль микротрещин и по краям зерен, образуя тонкие извилистые шнурки и полосы, двупреломление равно 0,011, показатель преломления, измеренный по линии Бекке ниже кварца и канадского бальзама, но выше вулканического стекла.

Хлорит представлен двумя разновидностями: синевато-зеленой и грязно-зеленой. Синевато-зеленая разновидность развивается по обломкам андезита, грязно-зеленая - по основной массе и порфировым вкрапленникам плагиоклаза, двупреломление низкое (0,008).

Эпидот присутствует в незначительном количестве, бледно-зеленый, развивается по основной массе, совместно с хлоритом, двупреломление высокое (0,051), с характерной аномальной интерференционной окраской.

Карбонат бесцветный, развивается, как по основной массе, так и вдоль микротрещин плагиоклазов. Образует зернистую массу, сравнительно реже - хорошо сформированные кристаллы с характерным явлением псевдоабсорбции, двупреломление высокое (0,17) с перламутровой интерференцией.

Углеродсодержащий полимиктовый песчаник

Структура грубозернистая, цемент карбонатный. Порода состоит из углистого вещества (8%), слабо окатанных угловатых обломков эффузивных пород (30%), минералов - кварца (15%), плагиоклаза (30%), биотита (1,5%), апатита (меньше 1%). Цементирующая карбонатная масса составляет около 15%. Порода в целом деформирована и подвергнута карбонатизации, меньше окварцеванию.

Углистое вещество черное, буровато-черное, непрозрачное, по краям, местами полупрозрачное, имеет неправильную форму, размером от 0,2х0,3 до 0,7х1,5мм.

Обломки эффузивных пород представлены андезитами с порфировыми выделениями основных плагиоклазов с характерными полисинтетическими двойниками. Основная масса состоит из бурого измененного вулканического вещества и мелких лейстов полевых шпатов. Размер обломков варьирует от 0,5х0,8 до 0,9х1,6мм.

Обломки минералов представлены плагиоклазом, кварцем, биотитом и апатитом.

Плагиоклаз бесцветный, угловатый, слабо окатанный. Присутствуют, как полисинтетически сдвойникованные кристаллы, так и зональные. Везде показатель преломления плагиоклазов выше канадского бальзама и кварца. Размер обломков варьирует от 0,2х0,6 до 0,7х1,5мм.

Кварц бесцветный, угловатый, реже округлый, микротрещиноватый. Некоторые зерна кварца имеют характерное волнистое погасание, двупреломление равно 0,009, показатель преломления выше канадского бальзама. Размер зерен варьирует от 0,3х0,7 до 0,8х1,2мм.

Биотит образует мелкие чешуйки, цвет темно-коричневый с хорошо выраженным плеохроизмом: по Ng - темно-коричневый, по Nr - бледно-желтый. Погасание прямое, двупреломление высокое (0,056). Размер чешуек до 0,2х0,8мм.

Апатит бесцветный, встречается в виде игольчатых кристаллов в зернах кварца и плагиоклаза. Кроме того, присутствует в цементирующей массе в виде мелких короткостолбчатых кристаллов.

Карбонат серый, бесцветный, играет роль цементирующей массы. Наблюдается в виде зернистой массы и хорошо сформировавшихся кристаллов с характерной перламутровой окраской. Двупреломление высокое (0,17). Карбонаты образовались за счет вторичных гидротермальных метасоматических процессов.

### Углеродсодержащий полимиктовый песчаник

Структура крупнозернистая, цемент карбонатный, частично пирокластический. Порода состоит из углистого вещества (9%), обломков эффузивных пород (38%), кварцита (5%), минералов - плагиоклаза (20%), кварца (15%), халцедона (1,5%), биотита (1,5%), рудного минерала (1%). Цементирующая масса составляет около 10% поверхности шлифа. Порода интенсивно карбонатизирована, сравнительно меньше окварцована. Обломки пород и минералов слегка удлинённые и соориентированы. Округлые окатанные обломки составляют незначительную часть состава породы.

Углистое вещество черное, непрозрачное, бесформенное. Размеры частиц варьируют от 0,2х0,5 до 0,6х0,9мм.

Обломки эффузивных пород серые, буровато-серые с зеленоватым оттенком. Хорошо видны порфиновые выделения основных плагиоклазов с полисинтетическими двойниками, состав их соответствует андезину (NN 35-45). Основная масса (вулканическое стекло) зеленовато-серая с лейстами плагиоклазов. Размер обломков от 0,2х0,5 до 0,5х1мм.

Квирцит серый, угловатый, криптокристаллический с редкими порфировыми вкраплениями плагиоклазов. Размеры 0,3х0,8мм.

Плагиоклаз бесцветный, угловатый, реже округлый. Плагиоклаз содержит включения игольчатого апатита и кристаллики циркона. Часть зерен плагиоклаза, вдоль микротрещин и по краям, подвержена карбонатизации и сравнительно меньше окварцеванию. Размеры зерен варьируют от 0,2х0,4 до 0,6х1,0мм.

Кварц бесцветный. Форма зерен разнообразная: угловатые, круглые, слегка сориентированные, содержат игольчатые кристаллы апатита и рутила. Двупреломление равно 0,009. Погасание варьирует от резкого до волнистого. Кроме обломков кварца, в шлифе присутствует тонкозернистая масса вторичного кварца, развивающаяся по микротрещинам породы.

Халцедон присутствует в незначительном количестве с характерной зональной сфероидальной структурой. Показатель преломления ниже кварца, ближе к показателю канадского бальзама.

Биотит образует мелкие деформированные чешуйки. Цвет темно-коричневый с хорошо выраженным плеохроизмом: по Ng - темно-коричневый, по Np - светло-желтый. Местами по биотиту развивается грязно-зеленый хлорит.

Апатит бесцветный, серый, образует игольчатые и короткостолбчатые кристаллики, рельеф высокий.

Карбонат бесцветный, представлен двумя разновидностями: кристаллическим кальцитом и серой зернистой массой. Карбонат является результатом вторичных гидротермально-метасоматических процессов.



### Уголь

тонкослоистый, коричневый, черный, непрозрачный. Тонкослоистость является результатом переслаивания коричневого и черного угля. Черные пропластки угля с двух сторон окаймлены тонкими прожилками кварца. Создается впечатление, что коричневый уголь, по-видимому бурый, в результате окварцевания по плоскостям микрослоистости метаморфизуется, превращаясь в черный. В коричневой массе угля наблюдаются включения споритов (спор) оранжевого цвета, размер которых варьирует от 0,2х0,3 до 0,3х0,5мм.

Шлиф 11/4

### Уголь

коричневый, тонкослоистый, вдоль плоскостей микрослоистости окварцован. Местами, возможно, в результате метаморфизма, коричневый (бурый) уголь превращается в черный. Горизонтальная микрослоистость местами пересечена поперечными микротрещинами, вдоль которых уголь карбонатизирован и реже окварцован. В составе угля наблюдаются бесформенные зерна полупрозрачных, оранжевых, споровых включений.

Шлиф 11/5

### Уголь

черный непрозрачный. Вдоль горизонтальной микрослоистости наблюдаются интенсивное окварцевание, сравнительно реже карбонатизация. Вторичные гидротермально-метасоматические изменения охватывают более 20% поверхности шлифа.

## Риодацит

Структура витрокластическая, частично фельзитовая. Состоит из основной массы (60%), калиполевых шпатов (20%), плагиоклазов (10%), кварца (8%), халцедона (1%), рудного минерала (1%), сфена. Обломки минералов слабо сориентированы. Порода слабо карбонатизирована.

Основная масса серая, зеленовато-серая состоит из вулканического стекла, которое, частично, подвергнуто девитрификации с образованием криптокристаллического вещества, состоящего из кварца и полевых шпатов. Кроме того, основная масса в большинстве хлоритизирована, сравнительно меньше карбонатизирована.

Кали-полевой шпат бесцветный, но в результате процесса пелитизации приобретает серовато-бурую, бурую окраску. Имеет таблитчатую, неправильную, угловатую форму. Показатель преломления всюду меньше канадского бальзама. Зерна полевых шпатов содержат включения вулканического стекла и рудных минералов.

Плагиоклаз бесцветный, таблитчатый с характерным полисинтетическим двойникованием. Реже наблюдаются зональные разности. Преобладающая часть плагиоклазов подвергнута сосюритизации, в результате чего, по ним образуются следующие минералы - цоизит и альбит.

Кварц бесцветный, по сравнению с полевыми шпатами, более свежий, неизмененный. Имеет округлую и угловатую формы. Кварц встречается в основной массе с криптокристаллическим зернистым строением.

Халцедон серый, буровато-серый, радиальнолучистый. Показатель преломления выше канадского бальзама, но ниже кварца. Содержит микровключения апатита.

Сфен бледно-зеленый, слабо плеохроирующий. Встречается в незначительном количестве. Кристаллы конвертообразной формы.

Хлорит бледно-зеленый, грязно-зеленый. Развивается как по основной массе, так и по полевым шпатам. Имеет слабо выраженный плеохроизм: по Ng бледно-зеленый, по Np - бледно-желто-зеленый,  $Ng-Np = 0,014$ .

Карбонат серый, встречается в виде мелкозернистой массы, развивается по основной массе породы.

Рудный минерал черный, непрозрачный.

### Туф дацитового состава

Структура кристаллокластическая, частично (местами) литокластическая или кристаллолитокластическая. Обломки минералов преобладают над обломками пород.

Состоит из основной массы (50%), обломков пород (10%) и минералов - плагиоклазов (20%), кварца (8%), роговой обманки (3%), биотита (2%). Акцессорные минералы (1,5%) - апатит, рутил. Рудные минералы (2%) - магнетит, пирит.

Вторичные минералы - хлорит (3%), цеолит (0,5%).

Основная масса зеленовато-серая, серая, состоит из вулканического стекла и пепла. Подвергнута девитрификации-раскристаллизации, в результате чего, преобладающая масса вулканического стекла превращается в полнокристаллическую массу с реликтовыми участками вулканического стекла. Раскристаллизованная масса в проходящем свете, при увеличении, состоит из мельчайших кристалликов кристаллического кремнезема-кристобаллита и хлорита, местами образующие агрегат радиально-лучистого строения. Останцы вулканического стекла имеют различные размеры и формы - серповидные, изогнутые и др.

Обломки пород имеют неправильную форму, по составу соответствуют андезитам и спилитам, состоящим из интенсивно измененной основной массы с лейстами и микролитами плагиоклазов.

Плагиоклаз серый, образует таблитчатые, угловатые зерна неправильной формы с характерными полисинтетическими двойниками. Состав плагиоклазов варьирует от NN 30-45, показатель преломления всюду выше показателей канадского бальзама и вулканического стекла.

Кварц серый прозрачный, образует разные неправильные формы зерен - угловатые, клинообразные, округлые. Наблюдаются зерна с волнистым погасанием, двупреломление 0,009, показатель преломления выше показателя канадского бальзама.

Роговая обманка коричневая, образует призматические кристаллы, шести - и четырехугольные поперечники с характерными углами спайности  $56^\circ$  и  $124^\circ$ . Имеет хорошо выраженный плеохроизм: по Ng - зеленовато-коричневый, по Nr - зеленовато-желтый,  $cNg-22^\circ$ ,  $Ng-Nr=0,023$ . Кристаллы роговой обманки содержат включения апатита и сфена, реже циркона.

Биотит темно-коричневый, чешуйчатый с резко выраженным плеохроизмом: по Ng - темно-коричневый, по Nr - бледно-желтый, погасание прямое, двупреломление высокое (0,055). Незначительная часть биотита развивается по роговой обманке.

Апатит серый, образует удлиненные игольчатые кристаллики и короткостолбчатые кристаллы. Погасание прямое, двупреломление низкое

(0,003), показатель преломления выше аналогичных показателей кварца и плагиоклаза.

Рудные минералы черные, непрозрачные, представлены скелетообразными зернами магнетита и квадратными разрезами пирита.

Хлорит зеленый, грязно-зеленый, со слабым плеохроизмом, развивается, главным образом, по основной массе.

Структура тонкозернистая. Состоит из основной массы (60%) вкрапленников, обломков полевых шпатов (15%), кварца (18%), биотита (1%), хлорита (2% ), апатита (0,5%), рудных минералов (1%) и карбоната (2,5%).

Основная масса буровато-серая, бурая, сложена из вулканического стекла и пепла. Преобладающая часть основной массы, в результате раскристаллизации, превратилась в кварц- хлоритовый криптокристаллический агрегат. Основная масса подвергнута хлоритизации и карбонатизации.

Полевые шпаты представлены мельчайшими лейстами и микролитами плагиоклазов. Под большим увеличением установлено, что их показатели преломления выше канадского бальзама. Наблюдаются редкие кристаллы с полисинтетическими двойниками.

Кварц бесцветный, образует круглые и угловатые формы, двупреломление равно 0,009, показатель преломления больше канадского бальзама, и вулканического стекла.

Биотит присутствует в незначительном количестве, образует мелкие, тонкие чешуйки темно-коричневой окраски с характерным плеохроизмом: по Ng - темно-коричневый, по Nr - бледно-зеленый, двупреломление высокое (0,055). Наблюдаются редкие чешуйки биотита со смесью хлорита.

Хлорит зеленый, грязно-зеленый, серый, образует волокнистый и зернистый агрегаты, реже наблюдается в виде мельчайших чешуек. Развивается по основной массе. Зеленая разновидность слабо плеохроирует: по Ng - зеленовато-синий, по Nr - бледно-зеленый, двупреломление довольно высокое (0.016).

Апатит присутствует в небольшом количестве, образует тонкие игольчатые кристаллики и поперечные шестигранники, двупреломление невысокое (0,003)

Рудный минерал черный, непрозрачный, образует зерна округлой и неправильной формы. Содержание рудного минерала в породе значительно. На отдельных участках - до 7%.

Карбонат серый, развивается по основной массе, главным образом, вдоль микротрещин, двупреломление довольно высокое (0,17).

Структура грубозернистая, цементирующая масса является смесью тонкозернистого агрегата кварца и вулканического пепла. В составе породы участвуют обломки андезита, спилита, серпентинита, кварцита и обломки минералов - кварца, полевых шпатов, хлорита, апатита, рудных минералов. Порода слабо хлоритизирована. Размер обломков варьирует от 0,4х0,7 до 1,5х2мм. Названия обломков пород определено при больших увеличениях по их характерным особенностям.

Андезит зеленовато-серый с бурыми, темно-бурыми участками. Состоит из микролитов плагиоклазов, мелких вкрапленников рудных минералов и хлоритизированного вулканического стекла. Структура пилотакситовая.

Спилит серовато-зеленый с характерной спилитовой структурой, состоящей из удлиненных лейстов альбита и хлоритизированного вулканического стекла.

Кварцит серый, бесцветный с бледно-зеленым оттенком, сложен тонкозернистым, криптокристаллическим кварцевым агрегатом с редкими вкрапленниками таблитчатых кристаллов полевых шпатов.

Серпентинит серовато-зеленый, бледно-зеленый с петельчатой и волокнистой структурой, отличается также низким двупреломлением (0,005).

Кварц бесцветный, имеет различные формы - округлые, угловатые. Зерна окатанные, слабо окатанные. Для ряда зерен характерно волнистое погасание. Показатель преломления больше канадского бальзама и калиполевых шпатов.

Калиполевой шпат бесцветный с буроватым оттенком, таблитчатый, угловатый, двупреломление низкое (0,006), показатель преломления ниже кварца и канадского бальзама. Встречаются пертитовые разновидности, где по калиполевому шпату развиваются тонкие шнурки альбита.

Хлорит бледно-зеленый, синевато-зеленый, развивается по цементирующей массе и по обломкам эффузивных пород.

Апатит бесцветный, короткостолбчатый с высоким рельефом и низким двупреломлением (0,003).

Рудный минерал черный, бесформенный, присутствует в незначительном количестве (менее 1%).

Цеолит бесцветный, серый с розоватым оттенком, волокнисто-лучистой структурой, двупреломление равно 0,013, показатель преломления ниже аналогичных показателей канадского бальзама и кварца. Присутствует в незначительном количестве (около 1%).



Цементирующая масса составляет 50% поверхности шлифа, сложена осадочным материалом, вулканическим стеклом и пеплом. Обломки пород (10%) представлены- андезитом, кварцитом, обломки минералов- плагиоклазом (14%), кварцем (12%), роговой обманкой (5%), пироксеном (1%), биотитом (2%), эпидотом (0,5%), апатитом (0,5), рудным минералом (0,5%).

Цементирующая масса карбонатизирована и цеолитизирована. Вулканическое стекло частично раскристаллизовано. Размер обломков от 0,5х0,9мм до 3х5мм. Из обломков пород сравнительно чаще наблюдается андезит, реже - кварцит.

Андезит серовато-зеленый, бурый, сложен хлоритизированной, эпидотизированной основной массой с вкрапленниками основных плагиоклазов, обломки хорошо окатаны.

Кварцит серый с бледно-зеленым оттенком с редкими вкрапленниками плагиоклазов. Наблюдаются слабо окатанные, угловатые обломки.

Плагиоклаз бесцветный, слабо окатанный, местами угловатый. Присутствуют, как плагиоклазы с полисинтетическими двойниками, так и зональные. Показатель преломления выше канадского бальзама.

Кварц бесцветный, местами водяно-прозрачный, наблюдаются различные формы - округлые, угловатые, бесформенные. Ряд зерен имеет волнистое погасание. Показатель преломления выше канадского бальзама. Двупреломление равно 0,009.

Роговая обманка представлена пластинчатыми кристаллами и зернами с шестиугольными поперечниками. Цвет зеленый с четко выраженным плеохроизмом: по Ng - коричневатозеленый, по Np - желто-зеленый, cNg - 22°, двупреломление равно 0,026.

Моноклинный пироксен присутствует в незначительном количестве, образует призматические кристаллы, бесцветный, cNg = 38°, Ng - Np = 0,031. По пироксену, местами, развивается зеленая роговая обманка.

Биотит чешуйчатый, таблитчатый, частично деформированный. Цвет темно-коричневый с четко выраженным плеохроизмом: по Ng - темно-коричневый, по Np - бледно-желтый, двупреломление высокое (0,056).

Апатит бесцветный с характерным высоким рельефом. Образует игольчатые, удлиненные и короткостолбчатые кристаллы, реже поперечные шестигранные срезы, двупреломление низкое (0,003).

Цеолит бесцветный, серый с розовым оттенком. Образует волокнистые и радиальнолучистые агрегаты. Показатель преломления ниже канадского бальзама, вулканического стекла. Двупреломление варьирует от 0,007 до 0,015.

Эпидот желтовато-зеленый, двупреломление высокое (0,045), развивается по обломкам андезитов.

Рудный минерал черный, непрозрачный. Зерна неправильной формы.

Скв 4С/4  
инт. 35,5

### Туфопесчаник полимиктовый

Структура грубозернистая. Состоит из цементирующей основной массы (50%), обломков пород (12%): габбро, андезитов, спилитов, и обломков минералов: плагиоклаза (10%), кварца (8%), оливина (2%), пироксена (4%), роговой обманки (3%), биотита (2%), апатита (0,5%), рудного минерала (1,5%), карбоната (3%), хлорита (2%) и цеолита (1%).

Цементирующая масса состоит из кремнисто-глинистого материала, вулканического стекла и пепла. Вулканическое стекло, местами, имеет флюидальное строение и подвергнуто раскристаллизации с образованием кристаллитов различной формы. Цементирующая масса, в целом, слабо карбонатизирована, хлоритизирована, сравнительно меньше цеолитизирована. Обломки пород хорошо окатанны, размер их варьирует от 0,3х0,5мм до 1,7х2мм.

Габбро серый, сложен основными плагиоклазами, пироксеном и рудными минералами.

Андезит темно-зеленый, серовато-бурый, сложен интенсивно хлоритизированным вулканическим стеклом, микролитами плагиоклаза, рудными минералами и бурым веществом.

Спилит серовато-зеленый, сложен интенсивно хлоритизированным вулканическим стеклом, лейстами альбита, миндалинами хлорита и цеолита. Структура спилитовая.

Обломки минералов, по сравнению с обломками пород, слабо окатаны, угловаты.

Плагиоклаз бесцветный. Наблюдаются как зональные разновидности, так и полисинтетические двойники. Ряд зерен плагиоклаза сосюритизирован, местами содержит включения вулканического стекла.

Кварц бесцветный, водяно-прозрачный, местами трещиноват с волнистым погасанием. Нередко содержит игольчатые кристаллики апатита.

Оливин бесцветный, рельеф высокий, шагреневый. Погасание прямое, двупреломление равно 0,048.

Пироксен бесцветный, наблюдаются две разновидности: ромбический и моноклиальный. Моноклиальный пироксен слабо плеохроирует: по Ng - бесцветный и по Nr - бледно-розовый.

Роговая обманка зеленовато-коричневая, с четко выраженным плеохроизмом. Образует как таблитчатые кристаллы, так и поперечные шестигранные срезы.

Биотит таблитчатый, листоватый, частично деформированный, темно-коричневый с четко выраженным плеохроизмом: по Ng - темно-коричневый, по Nr - серо-желтый, двупреломление высокое (0,056).

Апатит бесцветный, образует игольчатые удлинённые кристаллы, двупреломление низкое (0,003.)

Рудный минерал чёрный, непрозрачный. Зерна неправильной формы.

Шлиф С- 4С/5  
инт. 65,3

### Туф дацитового состава

Структура витрокристаллокластическая. Состоит из основной массы (80%) и обломков минералов: кварца (10%), плагиоклаза (6%), роговой обманки (1,5%), чешуек биотита (1,5%), акцессорного апатита (меньше 0,5%) и рудного минерала (1%)

Основная масса состоит из вулканического стекла и пепла, подвергнута девитрификации с образованием кремнезема и хлорита. Реликты вулканического стекла образуют различные формы. Показатель преломления вулканического стекла ниже канадского бальзама.

Обломки минералов в большинстве имеют остроугольные формы, размеры их варьируют от 0,1 до 2мм

Кварц бесцветный, водяно-прозрачный, местами имеет волнистое погасание, показатель преломления больше канадского бальзама, двупреломление равно 0,009, нередко содержит включения игольчатых кристаллов апатита и вулканического стекла.

Плагиоклаз бесцветный, таблитчатый, пластинчатый. Кристаллы плагиоклаза в большинстве угловатые. Образуют полисинтетические двойники, встречаются также зональные разновидности. Показатель преломления больше канадского бальзама и вулканического стекла. Состав варьирует от андезина до лабрадора (NN 30-55). Плагиоклазы содержат включения игольчатого апатита и вулканического стекла. Ряд кристаллов плагиоклаза карбонатизирован и хлоритизирован.

Биотит чешуйчатый с хорошо выраженным плеохроизмом: Ng - темно-коричневый, по Nr - бледно-желтый.

Роговая обманка зеленая, сохранилась в виде небольших реликтовых участков. Кристаллы роговой обманки полностью замещены карбонатом и хлоритом.

Рудный минерал черный, буровато-черный, образует зерна неправильной формы.

Шлиф С-4С/6

инт. 72,9

Тектонит - раздробленная, деформированная порода

Состоит из черного, буровато-черного вещества и микрочастиц кремнисто-хлоритовой зернистой массы.

Шлиф С-4С/7  
инт. 73,2

### Кварц-карбонатная порода с прослойками углистого вещества

Структура гранобластовая. Сложена из карбоната (85%), кварца (10%), окремненного углистого вещества (5%).

Карбонат представлен двумя разновидностями - мелкозернистой и среднезернистой. Мелкозернистый карбонат серый, буровато-серый с реликтами песчанистого материала и рудных минералов. Среднезернистый-бесцветный, полнокристаллический. Характерно высокое двупреломление (0,17).

Кварц бесцветный, образует зернистые агрегаты, местами развивается по карбонату, вдоль микротрещин. Двупреломление равно 0,009.

Углистое вещество черное, непрозрачное. Образует бесформенные, удлиненные, извилистые агрегаты. По микротрещинам углистое вещество карбонатизировано и окварцовано.

Кварц - карбонатная порода, по-видимому, образовалась в результате гидротермально-метасоматической переработки первичной углесодержащей осадочной породы. От первичной породы сохранилась только реликтовая структура форм минералов и зерен.

Шлиф С- 4С/8  
инт. 74,9

### Песчанистый алевролит

Структура алевропсаммитовая, размер обломков от 0,1 до 1мм. Преобладающая часть породы сложена глинисто-кремнисто-карбонатным веществом (80%), сравнительно меньше, мельчайшими обломками кварца (10%), полевых шпатов (5%) и эффузивных пород (5%). В незначительных количествах присутствуют хлорит и рудные минералы.

Глинисто-кремнисто-карбонатная масса серовато-бурая, состоит из слабополяризующих частиц и карбонат-кремнеземнистого тонкозернистого агрегата.

Кварц бесцветный, имеет различные формы, в основном округлые, погасание волнистое.

Полевые шпаты бесцветные, образуют мелкие таблитчатые кристаллы, местами наблюдаются полисинтетические двойники.

Эффузивные породы серовато-бурые, с микролитами плагиоклазов. Наличие микролитов позволяет отнести эти породы к эффузивам.

Хлорит грязно-зеленый, со слабо выраженным плеохроизмом. Заполняет мельчайшие пустоты, образуя зернистые, волокнистые и радиально-лучистые агрегаты.

Шлиф С-5в/1

инт. 51,4

Туфобрекчия, интенсивно раздробленная, перемятая.

Состоит из основной массы (70%), обломков пород (6%), минералов-плагиоклазов (16%), кварца (5%), рудного минерала (2%) и апатита (1%).

Основная масса сложена черным, буровато-черным агрегатом, непрозрачная, лишь по краям, слабо просвечиваясь, дает возможность установить наличие раскристаллизованного вулканического стекла.

Обломки эффузивных пород бурые, серовато-бурые, нередко черные, интенсивно измененные. Только наличие микролитов плагиоклаза позволяет их считать обломками эффузивных пород.

Плагиоклаз бесцветный, представлен двумя разновидностями: зональный и полисинтетические двойники. Содержит включения игольчатых апатитов. Местами, вдоль микротрещин, карбонатизирован.

Кварц бесцветный, образует бесформенные зерна, имеет волнистое погасание.



Шлиф С-5В/2  
инт. 61,7

### Туф риолитового состава.

Структура витрокристаллокластическая, местами флоидальная. Состоит из основной массы (70%), обломков пород (8%), минералов-плагиоклаза (12%), кварца (10%). В незначительном количестве присутствуют апатит, циркон, рудный минерал.

Основная масса серая, буровато-серая, состоит из вулканического стекла и пепла. Местами, вулканическое стекло имеет флюидальное строение. Вулканическое стекло слабо раскристаллизовано. Обломки вулканического стекла. имеют различную форму- серповидную, изогнутую и т.д. Показатель преломления меньше канадского бальзама.

Обломки пород имеют неправильную форму, в основном угловатые, размером от 0,5х1,5мм до 4х5мм. Границы обломков с цементирующей массой расплывчатые, с редким исключением. Обломки пород представлены эффузивами кислого состава и гранофирами.

Плагиоклаз бесцветный, таблитчатый, местами угловатый. Наблюдаются как зональные, так и полисинтетические сдвойникованные разновидности. Состав их варьирует в пределах номеров N18-50. Местами плагиоклаз содержит включения удлинённых игольчатых кристалликов апатита и вулканического стекла.

Кварц бесцветен, водяно-прозрачный, формы зерен круглые, угловатые, погасание, местами, волнистое, двупреломление равно 0,009. Зерна кварца, местами, содержат включения циркона и апатита.

Рудный минерал черный, непрозрачный, бесформенный.

Шлиф С-5В/3  
инт. 89,0

### Туфобрекчия дацитоватого состава

Состоит из основной массы (65%), обломков пород (10%) и минералов-плагиоклаза (13%) и кварца (10%). В породе в незначительном количестве присутствуют биотит, хлорит, апатит и рудный минерал.

Основная масса серая, желтовато-серая. Состоит из вулканического стекла и пепла. Преобладающая часть вулканического стекла девитрифицирована с образованием смеси кремнезема и хлорита. Неизмененное вулканическое стекло желтовато-серое, изотропное, образует скелетообразные, серповидные формы. Показатель преломления вулканического стекла меньше канадского бальзама.

Обломки пород бурые, буровато-черные, с микролитами плагиоклазов. Основная масса подвергнута хлоритизации и карбонатизации. Судя по наличию микролитов плагиоклаза и хлоритизации основной массы, обломки принадлежат к основным и средним эффузивным породам.

Плагиоклаз бесцветный, трещиноватый, местами деформирован. Для него характерны полисинтетические двойники. Состав плагиоклазов варьирует от андезина до лабрадора (NN 30-55). Местами содержит включения апатита и вулканического стекла.

Кварц бесцветный, нередко с волнистым погасанием, двупреломление равно 0,009.

Биотит коричневый с хорошо выраженным плеохроизмом. Образует тонкие извилистые чешуйки.

Рудный минерал черный, непрозрачный.

Шлиф С- 5В/4  
инт. 112,2

### Тектонит (раздробленный перемятый)

Первичный состав породы установить почти невозможно. Тектонит состоит из черного, непрозрачного вещества, раздробленного на отдельные куски, частицы. Среди черного вещества наблюдаются редкие чешуйки бесцветного минерала с высоким двупреломлением (0,042). Чешуйки светлого минерала, по-видимому, являются серицитом.

Шлиф С- 8В/1

инт. 24,8

**Углистый сланец (разрушенный, раздробленный)**

Состоит из углистого вещества (90%) и кварц-карбонатного зернистого агрегата.

Уголь черный, непрозрачный, по краям обломков слегка просвечивает.

Кварц и карбонат образуют смесь тонкозернистого агрегата, что устанавливается при большом увеличении. И кварц, и карбонат бесцветны. Двупреломление кварца 0,009, у карбоната двупреломление высокое (0,047).

Шлиф С- 8В/2  
инт. 36,8

### Уголь рассланцованный

Состоит из углистого вещества (85%), спор (5%), кварца (8%) и песчанистого алевролита (2%)

Уголь темно-бурый, черный, микрослоистый. Преобладающая часть сложена темно-бурой разностью. Черные микрослои составляют не более 10% от общей массы. Вдоль плоскостей микрослоистости развиваются микроскопические прожилки кварца.

Кварц бесцветный, образует мелкие бесформенные зерна в углистом веществе, а также прожилки вдоль микротрещин. Кроме того, он является составной частью песчанистого алевролита.

Споры в шлифе наблюдаются в виде небольших включений, размером 0,5х1,5мм, оранжево-красные, желтовато-оранжевые, анизотропные.

Шлиф С-8В/3  
инт. 56.0

Милонит (тектонически раздробленная перемятая порода)

Состоит из черного непрозрачного вещества (40%) и из серовато-бурого полупрозрачного хлорит-кварцевого тонкозернистого агрегата (45%), серицита (15%).

Серицит наблюдается в виде чешуек, листочков. Бесцветен, двупреломление высокое (0,048)

Шлиф С-9В/1  
инт. 25,0

### Уголь, интенсивно окварцованный

Состоит из углистого вещества (70%), кварца (20%) и карбоната (10%).

Углистое вещество черное, непрозрачное. Подвергнуто сильному окварцеванию, сравнительно меньше карбонатизации.

Кварц бесцветный, развивается по микротрещинам и микрослоям в углистом веществе, образуя агрегаты различной формы. Двупреломление равно 0,009.

Карбонат бесцветный, серый с буроватым оттенком. Двупреломление высокое (0,17). Развивается по углистому веществу, вдоль сравнительно крупных микротрещин, иногда совместно с кварцем.

Шлиф С- 9В/2  
инт. 25,5

### Углеродсодержащий алевролит

Состоит из углистого вещества (60%) и кремнисто-глинистого агрегата (40%).

Углистое вещество черное, непрозрачное, образует бесформенные частицы.

Кремнисто-глинистый агрегат темно-серый, состоит из тонкозернистой смеси глины и кремнезема.



Структура витрокристаллокластическая. Состоит из основной массы (60%), обломков пород (8%), минералов - плагиоклазов (12%), кварца (10%), роговой обманки (4%), биотита (2%), хлорита (1,5), карбонатов (1,5%) и рудных минералов (0,5%). Порода слегка хлоритизирована и карбонатизирована.

Основная масса состоит из вулканического стекла и пепла.

Вулканическое стекло серое, зеленовато-серое, местами буровато - серое. Преобладающая часть вулканического стекла девиттрифицирована с образованием хлористо-кремнистого тонкозернистого агрегата. Реликты вулканического стекла образуют различные изогнутые формы. Показатель преломления вулканического стекла меньше канадского бальзама.

Обломки пород и минералов имеют различные формы: угловатые, круглые. Размер варьирует в широких пределах. Обломки пород представлены габбро-диабазами, андезитами, кремнистыми породами.

Габбро-диабаз характеризуется диабазовой структурой и сложен плагиоклазами и интенсивно измененной роговой обманкой.

Андезит состоит из микролитов и лейстов плагиоклаза и хлоритизированной основной массы.

Кремнистая порода сложена тонкозернистым агрегатом кварца и редкими включениями полевых шпатов.

Плагиоклаз бесцветный, образует таблитчатые, призматические кристаллы. Присутствуют как полисинтетически сдвойникованные зерна, так и зональные. Некоторые кристаллы плагиоклазов интенсивно деформированы и трещиноваты. Состав их варьирует от олигоклаза до лабрадора (NN 25-55). Показатель преломления выше канадского бальзама.

Кварц бесцветный, водяно-прозрачный, редко с волнистым погасанием, содержит включения вулканического стекла и игольчатых кристаллов апатита. Двупреломление равно 0,009.

Роговая обманка образует призматические кристаллы и поперечные шестигранные срезы. Для них характерен хорошо выраженный плеохроизм: по Ng-коричнево-зеленый, по Nr - светло-желто-зеленый,  $cNg = 22^\circ$ , двупреломление равно 0,018.

Биотит образует тонкие пластинки, чешуи, которые частично деформированы. Для них характерен резкий плеохроизм: по Ng-темно-коричневый, по Nr - бледно-желтый, двупреломление высокое (0,052).

Хлорит образует волокнистые агрегаты и зернистую массу. Окраска бледно-зеленая, зеленая. Слегка плеохроирует; по Ng - желто-зеленый, по Nr - сине-зеленый. Двупреломление варьирует от 0,006 до 0,0014. Местами хлорит образует с биотитом смесь.

Рудный минерал черный, непрозрачный, образует зерна неправильной формы.

Шлиф С- 9В/4  
инт. 57,6

Милонит (тектонически раздробленная,  
перемятая порода)

Состоит из черного непрозрачного вещества (80%) и тальк-серпентинитового тонкозернистого агрегата (20%).

Черное вещество непрозрачное, аморфное, образует бесформенные частицы..

Тальк-серпентинитовый зернистый агрегат серый, бледно-зеленый. Вещественный состав (тальк, серпентин) устанавливается при больших увеличениях. Серпентин характеризуется спутанно-волокнистым строением и низким двупреломлением (0,008). У талька двупреломление высокое (0,050).

Шлиф 12/A  
(площадка с-12)

**Базальт эпидотизированный, карбонатизированный**

Структура порфировая, состоит из основной массы (60%) и порфировых выделений - плагиоклазов (20%), моноклинного пироксена (6%), рудного минерала (4%), эпидота (5%), апатита ( $<0,5$ ), карбоната (2%), кварца (1%), иллингсита (1,5%).

Основная масса серовато-зеленая, серая, сложена из карбонатизированного, окварцованного вулканического стекла, микролитов, рудной сыпью.

Плагиоклаз бесцветный, трещиноватый с характерными полисинтетическими сдвойникованными зернами, встречаются также зональные кристаллы. Состав плагиоклазов - от NN 56 до 65, что соответствует лабрадору. Часть зерен плагиоклаза замещена карбонатами и эпидотом.

Моноклинный пироксен образует призматические кристаллы, обладает плеохроизмом: по  $N_p$  - бесцветный, по  $N_g$  - бледно-зеленый. Двупреломление равно 0,029,  $cN_g = 46^\circ$ . По оптическим константам соответствует авгиту. Часть кристаллов пироксена, вдоль микротрещин, замещена эпидотом и карбонатом.

Рудный минерал черный, непрозрачный.

Апатит бесцветный, образует игольчатые кристаллы и шестигранные разрезы - сечения. Двупреломление низкое (0,003), рельеф поверхности высокий.

Иллингсит красно-бурый, с золотистым оттенком, рельеф и двупреломление высокое (0,072), зерна округлые, по-видимому, они заменили кристаллы оливина.

Эпидот желтовато-зеленый, бледно-зеленый с характерной пестрой интерференционной окраской.

Карбонат бесцветный, образует ромбоэдрические кристаллы и зернистую массу, двупреломление высокое (0,017).

Кварц бесцветный, развивается вдоль микротрещин, двупреломление - 0,009.

Порода, в целом, брекчирована и подвергнута вторичным изменениям - эпидотизации, карбонатизации и легкому окварцеванию.

Базальт долеритовый.

Структура долеритовая, полнокристаллическая . Состоит из плагиоклаза (70%), моноклинного пироксена (20%), рудного минерала (3%), апатита (1%), вторичного иллингсита (6%).

Плагиоклаз бесцветный, прозрачный, образует удлиненные призматические кристаллы, редко-короткопризматические. Кристаллы плагиоклаза содержат включения рудных минералов и пироксенов. Состав их варьирует от NN 52 до 63, т.е. они соответствуют лабрадору.

Моноклинный пироксен зеленый, образует бесформенные, призматические кристаллы, местами кучно расположенные между удлиненными, пересекающими друг друга кристаллами. Обладают слабым плеохроизмом: по Np- сине-зеленый, по Ng- серо-зеленый,  $cNg = 42^\circ$ , двупреломление 0,029. По оптическим характеристикам соответствует авгиту.

Рудный минерал черный, образует зерна разных форм и размеров. Местами, в виде игольчатых, скелетообразных форм включены в зерна моноклинного пироксена.

Апатит бесцветный, с высоким рельефом, образует удлиненные игольчатые кристаллы, часто в виде включений, расположенные среди кристаллов плагиоклаза.

Иллингсит красно-бурый, местами желтовато-бурый, образует бесформенные и округлые зерна, с редкими реликтами оливина.

## Туфобрекчия.

Структура витролитокластическая. Состоит из основной массы (58%), обломков породы (10%) и минералов - плагиоклаза (15%), кварца (13%), чешуек и пластинок биотита (3%), апатита (1%).

Основная масса серовато-зеленая, грязно-зеленая. Состоит из интенсивно хлоритизированного вулканического стекла, микролитов плагиоклаза и глинисто- кремнисто-хлоритового агрегата.

Обломки пород представлены андезитом, андезито-базальтом, которые интенсивно ожелезнены и окрашены в бурый цвет. Содержат слегка удлиненные лейсты и микролиты плагиоклазов. Цветные минералы полностью замещены хлоритом, эпидотом и рудными минералами.

Плагиоклаз бесцветный, образует бесформенные угловатые кристаллы. Присутствуют как зональные, так и полисинтетически сдвойникованные разновидности. Состав варьирует от NN 33 до 55, что соответствует андезин-лабрадору.

Кварц бесцветный, трещиноватый, местами имеет волнистое погасание. Двупреломление равно 0,009, угол преломления больше канадского бальзама.

Биотит образует бесформенные чешуйки, темно-коричневый с хорошо выраженным плеохроизмом: по  $N_r$ - серо-желтый, по  $N_g$ - темно-коричневый. Двупреломление высокое (0,056).

Апатит бесцветный, представлен игольчатыми кристаллами и шестигранниками. Двупреломление низкое (0,003).

Рудные минералы черные, бесформенные, расположены в основной массе и развиваются вдоль трещин вместе с кварцем и хлоритом.

Шлиф 15/2

### Туфобрекчия раздробленная разрушенная.

Состоит из основной массы (60%), обломков породы (20%)- андезита, андезито-базальта, хлорит-кремнистой породы, и минералов- плагиоклаза (10%), кварца (5%), амфиболов (3%), биотита и хлорит-биотитовой смеси (2%), рудных минералов (5%), апатита (1%).

Основная масса зеленовато-серая, грязнозеленая, состоит из интенсивно окремненного, хлоритизированного вулканического стекла, реликтов вулканического стекла, микролитов с мелкой сыпью рудных минералов. Угол преломления везде выше канадского бальзама.

Обломки пород и минералов угловатые, сравнительно реже круглые, размером до 0,9X13мм.

Андезиты, андезито-базальты буровато-серые, темно-серые, состоят из лейстов и микролитов плагиоклаза. Они интенсивно ожелезнены и хлоритизированы.

Хлорит-кремнистая порода состоит из тонкозернистого агрегата- смеси волокнистого хлорита и зернистого кремния.

Плагиоклаз бесцветный, местами трещиноватый, с широкими полосками двойникования. Состав колеблется от NN 35-60.

Кварц бесцветный, трещиноватый с включением вулканического стекла, двупреломление 0,009.

Амфибол зеленый, призматический с хорошо выраженным плеохроизмом: по Ng- сине-зеленый, по Np- светло-желтый,  $Ng - Np = 0,026$ , местами биотизированный, хлоритизированный.

Биотит представлен бесформенными чешуйками, темно-коричневый с хорошо выраженным плеохроизмом и высоким двупреломлением (0,056).

Хлорит-биотитовая масса грязнозеленая, коричневатозеленая, развивается по амфиболу.

Рудный минерал черный, бесформенный, расположен как в основной массе, так и вдоль микротрещин.

Апатит образует тонкие игольчатые кристаллы в основной массе, редко наблюдается в виде включений среди зерен плагиоклаза и кварца.

Шлиф 16/1

Порода разрушена, раздроблена

Минералогический состав, структуру и т.д. определить невозможно. В отдельных кусках присутствуют обломки плагиоклаза, кварца, рудных минералов.

### Туфопесчаник

Структура грубозернистая, состоит из цементирующей массы (63%), обломков пород (15%) - андезита, кремнистой породы, минералов-плагиоклаза (8%), кварца (5%), биотита (2%), рудного минерала (3%), хлорита (3%), эпидота (1%).

Цементирующая масса серая, зеленовато-серая, состоит из измененного вулканического пепла, кремнисто-хлористого криптокристаллического агрегата.

Обломки пород круглые, угловатые, размер до 0,5х2мм.

Андезиты бурые, темно-бурые, интенсивно измененные, состоят из лейстов и микролитов плагиоклаза, хлорит-эпидотового агрегата и рудного вещества.

Кремнистая порода серая, состоит из тонкозернистого агрегата кремния, реже кристаллов плагиоклаза и хлоритовой массы.

Плагиоклаз бесцветный, полисинтетически сдвойникованный, местами трещиноватый.

Кварц бесцветный, с волнистым погасанием, двупреломление равно 0,009.

Биотит темно-коричневый, с хорошо выраженным плеохроизмом; по Ng - темно-коричневый, по Np - серо-желтый,  $N_g - N_p = 0,055$ .

Эпидот зеленовато - желтый, с характерной интерференционной окраской (цвет пестрого ковра), двупреломление равно 0,049.

Рудный минерал черный, образует бесформенные зерна, редко наблюдается форма квадрата, по видимому, представленного пиритом.



Шлиф № 15/1

Углистый алевролит, окремненный.

Макроскопически: черное, твердость (по шкале Мооса около 5,0), хорошо полируется с блестящим зеркальным блеском, имеет полосчатое строение. Одна полоса богата углистым веществом, пачкает руки, твердость 1,5-2 (по шкале Мооса), а другая интенсивно окремненная с твердостью около 5 (по шкале Мооса).

Под микроскопом порода состоит из глинисто-углисто-кремнистого бурого вещества, со слабой проницаемостью света. По трещинам развиты кремень, кварц. Вдоль кварцевых микротрещин и гнезд бурая масса становится черной. Наблюдаются гнезда-включения растительных спор.

### Туфопесчаник

Структура грубозернистая, состоит из основной цементирующей массы (60%), обломков породы (10%), минералов - плагиоклазов (15%), кварца (11%), рудных минералов (3%), апатита (< 1%). Порода слегка хлоритизирована и карбонатизирована.

Основная масса состоит из вулканического стекла и пепла, кремнисто-хлористого агрегата. Вулканическое стекло, в основном раскристаллизовано и образует смесь кремния и хлорита с реликтовыми участками вулканического стекла.

Обломки пород и минералов округлые, угловатые. При этом обломки пород более окатаны, чем минералы.

Плагиоклаз бесцветный. Присутствуют как зональные, так и полисинтетически сдвойникованные разновидности, местами подверженные карбонатизации.

Кварц бесцветный, трещиноватый, местами с характерным волнистым погасанием, двупреломление равно 0,009.

Рудные минералы черные, округлые, бесформенные.

Апатит бесцветный, с высоким рельефом, образует удлиненные кристаллики и шестиугольники поперечных разрезов.

Шлиф С-12А/1

инт. 56,5

### Базальт брекчированный хлоритизированный

Структура порфировая, состоит из основной массы (60%) и порфировых выделений плагиоклаза (15%), ромбического и моноклинного пироксена (13%), рудных минералов (2%). В результате брекчирования порода, вдоль микротрещин, хлоритизирована, карбонатизирована, окварцована. Вторичные минералы составляют около 10% шлифа.

Основная масса сложена полностью хлоритизированным, карбонатизированным вулканическим стеклом и удлиненными лейстами плагиоклазов.

Плагиоклаз бесцветный, присутствуют как зональные, так и полисинтетически сдвойникованные разности. Состав плагиоклаза соответствует лабрадору (NN 55-68). Ряд зерен плагиоклаза замещены хлоритом, карбонатом.

Ромбический пироксен бесцветный, слегка зеленоватый со слабо выраженным плеохроизмом: по  $N_p$  - светло-желтый и  $N_g$  - серо-зеленый, погасание прямое, двупреломление варьирует до 0,015. По оптическим данным ромбический пироксен соответствует гиперстену.

Моноклинный пироксен сине-зеленый, со слабо выраженным плеохроизмом: по  $N_p$  - сине-зеленый и по  $N_g$  - серо-зеленый,  $cN_g$  варьирует от  $40^\circ$  до  $47^\circ$ , двупреломление равно 0,029. По оптическим константам соответствует авгиту.

Рудный минерал черный, бесформенный.

Хлорит серо-зеленый, грязно-зеленый, развивается как по основной массе, так и по порфировым выделениям плагиоклаза и пироксенов, иногда полностью замещая их. Двупреломление низкое 0,004.

Карбонат бесцветный, развивается вдоль микротрещин, замещая как основную массу, так и порфировые включения пироксенов и плагиоклазов. Двупреломление высокое (0,17).

Шлиф С-13А/1  
инт. 40,0

### Базальт долеритовый

Структура долеритовая, частично пойкилоофитовая, полнокристаллическая. Состоит из оливина (10%), пироксена (20%), плагиоклаза (63%), апатита (< 1%), иддингсита (1%), рудных минералов (5%).

Оливин бесцветный, округлый, редко удлинённый, погасание прямое, двупреломление равно 0,048, рельеф высокий, местами замещен оранжево-бурым иддингситом.

Пироксен зеленый, характеризуется значительным разнообразием форм и размеров, встречаются микрокристаллические изоморфные, реже короткопризматические зерна, размером от 0,06 до 0,5мм, кучно расположенные между зернами плагиоклаза. Местами, пироксен проявляет идиоморфные призматические очертания, проросшие с длиннопризматическими зернами плагиоклаза. Для них характерен слабый плеохроизм по  $N_p$  - сине-зеленый, по  $N_g$  - серо-зеленый,  $cN_g = 42^\circ$ , двупреломление равно 0,029. Пироксен по оптическим данным соответствует авгиту.

Плагиоклаз бесцветный, образует удлиненные призматические кристаллы, редко короткопризматические. Размер варьирует от 0,15 до 0,8мм. Зерна плагиоклаза обычно прозрачные, среди них встречаются включения рудных минералов, оливина и пироксенов. Плагиоклаз по составу принадлежит лабрадору, содержание анортитовой молекулы колеблется от 54 до 60%.

Иддингсит красно-бурый, желто-бурый с золотистым отливом в центре зерен. Иддингсит развивается по оливину, иногда псевдоморфозно замещая его.

Рудные минералы встречаются в виде хорошо образованных кристаллов кубической формы, реже игольчатых и скелетных форм, включенных в зерна авгита.

Апатит образует удлиненные, игольчатые кристаллы.

Шлиф С-18А/1  
инт 17,0

### Лавобрекчия

Структура грубозернистая, в основной массе, местами сферолитовая, радиально-лучистая. Состоит из основной массы (55%), обломков пород (6 %) и минералов - плагиоклаза (15%), кварца (10%), чешуек биотита (3%), апатита (0,5%), рудного минерала (2%). Порода в целом хлоритизирована (8%) и от-носительно, меньше карбонатизирована (3%).

Основная цементирующая масса состоит из интенсивно раскристаллизо-ванного вулканического стекла, хлорит-кремнистого, микрозернистого, радиально-лучистого и сферолитового агрегатов. Обломки пород, плагиоклаза и кварца угловатые, слегка округлые, размером от 0.2х0.3мм до 2,0х3,0мм.

Обломки пород представлены интенсивно ожелезненным андезитом и хлорит-кремнистым сланцем. В эффузивной породе - основная масса бурая с микролитами плагиоклаза.

Плагиоклаз бесцветный, трещиноватый, с измененными серыми участками, для которых характерны полисинтетические двойники. Вдоль микротрещин развивается хлорит, сравнительно меньше карбонаты.

Кварц бесцветный, слабо трещиноватый, местами с характерным волнистым погасанием, двупреломление равно 0.009.

Биотит чешуйчатый, местами деформирован, отличается хорошо выраженным плеохроизмом; по Ng- темно-коричневый, по Np-желтовато-коричневый. Наблюдается смесь биотита с хлоритом, образующая волокнистые деформированные агрегаты.

Хлорит грязно-зеленый, бледно-серый, желтовато-зеленый. Развивается совместно с кремнистым веществом по цементирующей массе, нередко образуя радиально-лучистые сферолитовые агрегаты. Двупреломление варьирует от 0.03 до 0.014. Хлорит развивается также по микротрещинам плагиоклаза.

Карбонат бесцветный, образует как зернистые агрегаты, так и пластинчатые кристаллы, иногда псевдоморфозно замещая плагиоклазы. Отличается высоким двупреломлением (0,17), перламутровым оттенком интерференции и псевдоабсорбционным явлением.

Сфец бесцветный, местами бледно-зеленоватый. Отличается конверто-образной характерной формой. Наблюдается слабый плеохроизм; по Ng- светлокоричневый, по Np- бесцветный.

Апатит бесцветный, наблюдается в небольшом количестве, в виде тонких игольчатых кристаллов, расположенных среди плагиоклазов и кварца.

Рудный минерал черный, непрозрачный, образует бесформенные мелкие зерна.

### Лавобрекчия карбонатизированная

Структура грубозернистая, местами радиально-лучистая. Состоит из основной цементирующей массы (50%), обломков пород (7%) и минералов - плагиоклаза (14%), кварца (8%), роговой обманки (3%), чешуек биотита (2%). В небольшом количестве присутствуют сфен (0.5%), апатит (0.5%), рудный минерал (1,5%). Порода интенсивно карбонатизирована (7%) и хлоритизирована (5%).

Основная цементирующая масса состоит из интенсивно раскристаллизованного вулканического стекла, цементирующего хлорит-кремнистый агрегат, который местами имеет радиально-лучистое строение.

Обломки пород представлены интенсивно измененными эффузивными породами - андезитами. Наблюдаются единичные обломки породы кремнистого состава.

Плагиоклаз бесцветный, трещиноватый, местами деформированный, с характерными полисинтетическими двойниками. Преобладающая часть плагиоклазовых зерен вдоль микротрещин карбонатизирована и хлоритизирована, реже биотизирована. Иногда все эти процессы замещения можно наблюдать в одном зерне плагиоклаза.

Кварц бесцветный, трещиноватый, с волнистым погасанием, редко содержит игольчатые кристаллы апатита. Двупреломление равно 0.009.

Роговая обманка сохранилась в виде реликтовых форм кристаллов. В большинстве случаев они замещены карбонатом, хлоритом, реже биотитом. Наблюдается полное псевдоморфное замещение карбонатом.

Биотит пластинчатый, чешуйчатый, образует самостоятельные чешуйки, реже развивается по бледно-зеленому хлориту. Хорошо выражен плеохроизм: по Ng-темно-коричневый, по Np- серо-желтый, двупреломление высокое (0,055).

Хлорит представлен несколькими разновидностями - грязнозеленой, бледнозеленой, синевато-зеленой со слабо выраженным плеохроизмом. Двупреломление варьирует от 0,003 до 0,013.

Сфен бесцветный, отличается конвертообразной формой и высоким рельефом.

Апатит бесцветный, образует удлинённые игольчатые кристаллики.

Рудный минерал черный, непрозрачный, образует бесформенные зерна.

В целом, порода довольно интенсивно карбонатизирована, сравнительно меньше хлоритизирована.

### Лавобрекчия

Состоит из основной цементирующей массы (45%), обломков пород (15%), минералов - плагиоклазов (16%), кварца (7%), редких чешуек биотита (1%), эпидота (1.5%), рудных минералов (1%), апатита (0.5%). Порода карбонатизирована (8%) и хлоритизирована (5%).

Основная цементирующая масса сложена из хлорит- кремнистого агрегата и частично раскристаллизованного вулканического стекла и пепла. Реликты вулканического стекла имеют различные формы, которые, местами, раскристаллизовываясь, приобретают радиально-лучистое строение.

Обломки пород представлены эффузивными породами, которые, исходя из их структуры принадлежат андезитам, спилитам. Обломки пород в результате карбонатизации, местами, трещиноваты.

Плагиоклаз угловатый, бесформенный, бесцветный, трещиноватый. По микротрещинам и по краям зерен плагиоклазы карбонатизированы и хлоритизированы.

Кварц угловатый, бесцветный, слабо трещиноватый, местами имеет волнистое погасание.

Биотит деформирован, интенсивно хлоритизированный, в связи с чем, плеохроизм выражен слабо.

Эпидот присутствует в небольшом количестве, заполняя пустоты, слагает радиально-лучистые агрегаты, двупреломление высокое (0,048), плеохроизм выражен слабо; по Ng - желтовато-зеленый, по Np- светло-желтый. Эпидот образуется по эффузивным обломкам.

Апатит бесцветный, образует короткостолбчатые кристаллы, рельеф высокий, двупреломление низкое (0.003).

Хлорит грязно-зеленый, желто-зеленый, развивается как по основной массе, так и по плагиоклазу.

Карбонат бесцветный, развивается как по основной массе, так и по плагиоклазу, а так же по трещинам обломков эффузивных пород.

Шлиф С-18А/4  
Инт. 42,2

### Андезит карбонатизированный

Структура диабазовая, порода сложена идиоморфными, тонкопластинчатыми удлиненными кристаллами плагиоклаза, между которыми расположены призматические кристаллы моноклинного пироксена и порфириовидные выделения плагиоклазов.

Плагиоклаз бесцветный, с характерным полисинтетическим двойникованием. Замеры по симметричному угасанию двойников позволяет их отнести к андезин-лабрадоровому ряду (NN 45-65). Кристаллы плагиоклазов частично подвергнуты хлоритизации и карбонатизации.

Моноклинный пироксен призматический, реже представлен восьмигранниками, плеохроизм выражен слабо; по Ng-серо-зеленый, по Np-светло-сине-зеленый,  $cNg = 42$ ; двупреломление - 0.027. Основная часть пироксенов замещена хлоритом и карбонатом, нередко наблюдается полное псевдоморфное замещение карбонатами, и только реликтовые формы кристаллов свидетельствуют об их принадлежности первичному минералу-пироксену.

Хлорит зеленый, синевато-зеленый, развивается как по плагиоклазу, так и по моноклинному пироксену. Хлорит имеет слабый плеохроизм; по Ng-темно-зеленый, по Np- слабо-зеленоватый,  $Ng-Np = 0,012$ .

Карбонат бесцветный, образует зернистые агрегаты и пластинчатые кристаллы, последние, псевдоморфно, замещают кристаллы пироксенов и плагиоклазов. Двупреломление высокое (0,17).

Апатит бесцветный, образует игольчатые и короткостолбчатые кристаллы. Рельеф высокий, двупреломление низкое (0,003), погасание прямое.

Кварц вторичный, присутствует в незначительном количестве, заполняя микропустоты, обычно, находясь в их центре, а по краям микропустоты выполнены карбонатом.

Рудный минерал черный, бесформенный.

Порода в целом заметно карбонатизирована и хлоритизирована.



Шлиф С -18А/5  
Инт. 50,0

### Лавобрекчия

Состоит из основной цементирующей массы (60%), обломков пород (6%), минералов - плагиоклазов (20%), кварца (12%), чешуек биотита (1.5%), апатита (1.0%), рудных минералов (2%). Порода подвержена интенсивной карбонатизации и окварцеванию.

Основная цементирующая масса сложена из раскристаллизованного вулканического стекла и пепла, хлорит- кремнистого тонкокристаллического агрегата, который, местами приобретает радиально-лучистое строение.

Обломки пород представлены угловатыми, слабоокатанными зернами эффузивных пород- андезитов, спилитов и микрокристаллических хлорит-кремнистых пород.

Плагиоклаз бесцветный, трещиноватый. В большинстве случаев подвергнут карбонатизации, сравнительно меньше окварцеванию, которые развиваются вдоль микротрещин, по краям зерен. Плагиоклазовые зерна отличаются наличием полисинтетических двойников, даже, при их полном замещении, сохраняются плоскости двойникования.

Кварц бесцветный. В шлифе представлены две разновидности; обломки первичных зерен и вторичный кварц, гидротермальный, развивающийся по основной цементирующей массе и плагиоклазу.

Биотит чешуйчатый, деформированный, с хорошо выраженным плеохроизмом; по Ng- темно-коричневый, по Np- серо-желтый, двупреломление высокое(0,045), погасание прямое.

Хлорит грязно-зеленый, желто-зеленый, развивается как по основной массе, часто с кварцем, так и по плагиоклазу. Двупреломление от 0,004 до 0,012.

Карбонат бесцветный, образует мелкозернистые агрегаты и пластинчатые кристаллы, нередко псевдоморфно замещает зерна плагиоклазов. Для него характерна высокая интерференционная окраска (0,17) и явление псевдоабсорбции.

Апатит присутствует в небольшом количестве, в виде игольчатых кристаллов и шестигранников, рельеф высокий, двупреломление низкое (0,003), погасание прямое.

Рудный минерал черный, буровато-черный, образует бесформенные зерна. В целом, порода карбонатизирована, сравнительно меньше окварцована.

Шлиф С -18А/6  
Инт. 95.5

### Туфобрекчия риодацитового состава

Структура грубозернистая. Состоит из основной массы (55%), обломков пород (8%), минералов - плагиоклазов (18%), кварца (7%), роговой обманки (2%) апатита (0.5%), флюорита (2%), рудного минерала (2%). Порода слабо карбонатизирована (2,5%) и хлоритизирована (2%).

Основная цементирующая масса сложена вулканическим стеклом, пеплом и песчанистым материалом. Вулканический материал раскристаллизован с образованием хлорит-кремнистого агрегата, с реликтами вулканического стекла. Раскристаллизованная масса, местами, имеет радиально-лучистое строение.

Обломки пород угловатые, слабо окатанные размером до 4х9мм. Представлены сильно ожелезненными эффузивными породами- андезитом, базальтом, в которых основная масса полностью ожелезнена, среди которой сохранились бесцветные микролиты и порфиоровидные выделения плагиоклазов.

Плагиоклаз угловатый, бесцветный, водяно-прозрачный, местами пелитизированный. В шлифе присутствуют две разновидности; зональные и полисинтетические двойники. Плагиоклаз принадлежит ряду андезин-лабрадор (NN40-55). Местами, плагиоклаз содержит включения вулканического стекла и игольчатых кристаллов апатита.

Кварц угловатый, бесцветный, слабоокатанный, трещиноватый с характерным волнистым погасанием. Часть кварца развивается по микротрещинам пород, что связано с наложенными гидротермальными процессами.

Роговая обманка образует редкие призматические кристаллы, которые, в основном, замещены карбонатом, сравнительно меньше - биотитом и хлоритом. Сохранившиеся реликтовые участки имеют характерный плеохроизм; по Ng сине-зеленый, по Np-светло-желто-зеленый,  $Ng-Np = 0.025$ ;  $cNg = 22^\circ$ .

Биотит образует редкие чешуйки, слегка деформированные, с отчетливым плеохроизмом; по Np-серо-желтый, по Ng- темно-коричневый, двупреломление высокое (0.049).

Апатит бесцветный, образует удлиненные игольчатые кристаллы и шестигранные сечения. Двупреломление низкое (0,003).

Флюорит бесцветный, местами с фиолетовым оттенком, изотропный, показатель преломления ниже канадского бальзама, характерен низкий рельеф, мелкие кристаллы расположены вдоль микротрещин.

Рудный минерал черный, непрозрачный, бесформенный.

Хлорит грязно-зеленый, сине-зеленый. Первая разновидность развивается по основной цементирующей массе, а сине-зеленая - по роговой

обманке, нередко совместно с карбонатами.

Карбонат бесцветный, развивается по основной массе в виде зернистого агрегата, и по роговой обманке и плагиоклазам. Отличается высокой перламутровой интерференционной окраской (0,17).

Шлиф С-18А/7  
Инт. 114.2

### Туфопесчаник с небольшим содержанием углистого вещества

Структура крупнозернистая. Состоит из основной цементирующей массы (50%), обломков пород (7%), плагиоклаза (17%), кварца (11%), биотита (2%), флюорита (3.5%), апатита (0.5%), рудного минерала (2%), редких кристаллов циркона, а также углистого вещества (3%). Порода частично хлоритизирована (3%).

Основная масса состоит из вулканического стекла, пепла, песчанистого материала. Вулканическое вещество раскристаллизовано с образованием кремнисто-хлоритового зернистого агрегата.

Обломки пород угловатые, округлые, размером до 3х5мм, представлены темно-бурыми эффузивными породами с микролитами плагиоклазов и серыми, желтовато-серыми мелкокристаллическими кварцитами.

Плагиоклаз бесцветный, водянопрозрачный, угловатый. Представлен двумя разновидностями: зональные и двойникованные.

Кварц бесцветный. Зерна, в основном, угловатые, сравнительно меньше округлые. Часть кварца развивается по микротрещинам. Показатель преломления выше канадского бальзама, но ниже плагиоклазов.  $n_g = 0,009$ .

Биотит образует редкие чешуйки, в основном, вытянутые вдоль плоскостей расщепления породы. Местами, развивается по хлоритовой массе матрикса. Отличается хорошо выраженной спайностью и отчетливым плеохроизмом: по  $n_g$ - темно-коричневый, по  $n_p$ - серо- желтый.

Хлорит представлен двумя разновидностями: грязно-зеленой и желтовато-зеленой. Первая развивается по основной массе и имеет низкое двупреломление (0,004), вторая- вдоль плоскостей расщепления, двупреломление относительно высокое (0,013). Плеохроизм выражен слабо.

Флюорит бесцветный, изотропный, образует пластинчатые и зернистые агрегаты. Показатель преломления ниже канадского бальзама и показателя основной массы. Флюорит заполняет пустоты породы или размещается вдоль микротрещин.

Циркон бесцветный, рельеф высокий, короткостолбчатый. Отличается высоким двупреломлением (0,055) и аномальной интерференционной окраской.

Апатит бесцветный, рельеф высокий, погасание прямое, двупреломление низкое (0,003). Образует короткостолбчатые кристаллы и шестигранники.

Рудный минерал черный, непрозрачный.

Углистое вещество буровато-черное, бесформенное с расплывчатыми краями.

Шлиф С-18А/8  
инт. 117,8

### Туфопесчаник рассланцованный

Структура мелкозернистая. Состоит из основной цементирующей массы (75%), обломков кварца (15%), плагиоклаза (8%), чешуек биотита (1%), редких кристалликов апатита (0,5%) и циркона (<0,5%).

Основная масса сложена из раскристаллизованного вулканического материала и глинисто-песчанистого вещества. Раскристаллизованная часть вулканического вещества сложена тонкозернистым кремнисто-хлоритовым агрегатом.

Кварц угловатый, бесцветный, в основной массе, расположен неравномерно.

Плагиоклаз угловатый, бесцветный, отличается наличием двойникованных полосок.

Биотит деформированный, хлоритизированный, вследствие чего, плеохроизм выражен слабо: по Ng- буровато-коричневый, по Np- желтовато-коричневый, двупреломление ниже обычного (0,035), что связано с деформацией.

Порода, в целом, слегка деформирована и рассланцована.

Шлиф С-18А/9  
инт. 121,6

### Алевролит песчанистый

Состоит из бурой, темно-бурой алевролитовой массы с включением углистого вещества и песчанистого материала, в котором при больших увеличениях (8х40) установлены частицы кварца.

Углистое вещество черное, буро-черное, рассланцованное, непрозрачное, лишь по краям слегка просвечивает.

Порода, в целом, рассланцована.

Шлиф С-18А/10  
инт. 135,8

### Брекчия тектоническая (раздробленная, брекчированная порода)

Сложена обломками андезитов, сцементированных кремнисто-хлоритовой мелкозернистой массой. Пустоты породы заполнены кварцем. В микротрещинах, в небольшом количестве наблюдаются флюорит и циркон.

Андезиты трещиноватые, структура флюидальная, местами, радиально-лучистая. Основная масса хлоритизирована, альбитизирована. Лейсты и микролиты плагиоклазов, в основном, сориентированы, они бесцветны, показатель преломления выше канадского бальзама и кварца, т.е. они относятся к средним и основным плагиоклазам.

Кварц заполняет пустоты пород. Бесцветный, образует мелкие зерна, погасание, местами, волнистое, двупреломление 0,009.

Флюорит бесцветный, местами, имеет легкий фиолетовый оттенок, изотропен. Отличается низким, отрицательным рельефом. Показатель преломления ниже канадского бальзама.

Циркон образует редкие округлые зерна, бесцветный, отличается высоким шагреновым рельефом и двупреломлением (0,052).

Преобладающая часть поверхности шлифа сложена брекчией андезита.

Шлиф С-18/11  
инт. 146,5

### Туфопесчаник

Структура мелкозернистая. Состоит из основной массы (67%), обломков пород (6%), минералов- плагиоклазов (9%), кварца (7%), чешуек биотита (1%). В небольшом количестве присутствуют апатит (1%), гранат (2%) и рудный минерал (2%). Порода слабо хлоритизирована (3%) и карбонатизирована (2%).

Основная цементирующая масса состоит из буро-глинистого вещества и вулканического пепла. Она раскристаллизована с образованием кремнисто-хлоритового микрокристаллического агрегата, с реликтами бурого вещества.

Обломки пород представлены темно-бурой основной эффузивной породой и желтовато-серым кварцитом. Обломки угловатые, редко-полуокатанные.

Плагиоклаз образует слабо окатанные, угловатые зерна. Бесцветный, представлен двумя разновидностями: зональные и полисинтетически сдвойникованные. Трециноват, с включением вулканического вещества и редких игольчатых кристалликов апатита. Вдоль трещин , местами, развивается кварц и хлорит.

Кварц бесцветный, слабо трециноватый, представлен угловатыми зернами. Двупреломление 0,009.

Биотит деформированный, развивается по хлориту и, частично, по плаиоклазу. В связи с деформированностью, плеохроизм выражен не так четко, а двупреломление- относительно низкое (0,036). По Ng плеохроизм- буровато-коричневый, по Nr- зеленовато-коричневый.

Апатит бесцветный, высокий рельеф, двупреломление низкое (0,003). Образует короткостолбчатые и игольчатые кристаллы.

Гранат бесцветный, местами, с зеленоватым оттенком, изотропный, рельеф шагреновый, высокий.

Хлорит грязно- зеленый, пластинчатый, волокнистый, двупреломление низкое (0,004).

Карбонат бесцветный, развивается по основной массе и, частично, по плагиоклазу.



Шлиф С-18А/12  
инт. 147,5

### Туфоалевролит песчанистый

Структура алевропелитовая. Состоит из основной цементирующей массы (85%) и мельчайших бесформенных частиц кварца (7%), плагиоклаза (6%), слюда (2%).

Основная масса сложена из бурого глинистого вещества и мелкокристаллического хлоритового вещества с реликтами вулканического пепла. Бурое вещество изотропно, светонепроницаемое. Хлоритовое вещество слегка пропускает свет. При больших увеличениях (60X8) наблюдается спутанно-волокнистое строение.

Кварц и плагиоклазы представлены мельчайшими частицами, не более 0,1мм.

Слюда светлая, бесцветная, погасание прямое, двупреломление высокое (0,036).

Шлиф С-18А/13  
инт. 150,0

### Туфопесчаник алевритовый

Структура мелкозернистая, псаммито-пелитовая. Состоит из основной массы матрикса (80%), песчанистого материала, представленного обломками пород (4%), кварцем (10%), плагиоклазом (3%), чешуйками биотита (1%).

Основная цементирующая масса состоит из раскристаллизованного вулканического пепла, бурого глинистого аморфного вещества. Раскристаллизованное вещество сложено, в основном, из хлорита, сравнительно меньше кремния.

Обломки пород хорошо окатанные, округлые, размером не более 0,5мм. Представлены, в основном, основными эффузивными породами, также возможно спилитом (наблюдается спилитовая структура), и мелкокристаллическим кварцитом.

Кварц бесцветный, бесформенный. В основной цементирующей массе распределен неравномерно.

Плагиоклаз бесцветный, отличается наличием сдвойникованных полос.

Биотит чешуйчатый, слегка деформированный, плеохроизм выражен хорошо: по Ng- темно- коричневый, по Np- серо- желтый.

Шлиф С-18А/14  
инт. 153,1

### Туфопесчаник

Структура среднезернистая. Сложена из основной цементирующей массы (65%), обломков плагиоклазов (15%), кварца (12%), чешуек биотита (2%), хлорита (6%).

Основная масса сложена из бурого, темно-бурого непрозрачного вещества и кремнисто-хлоритового мелкокристаллического агрегата. Бурое вещество, по-видимому, сложено из вулканического пепла и глины.

Плагиоклаз бесцветный, водяно-прозрачный, образует бесформенные, угловатые зерна. Для них характерны полисинтетические двойники.

Кварц бесцветный, местами, водяно-прозрачный. Представлен угловатыми и округлыми зернами.

Биотит пластинчатый, чешуйчатый, слегка деформированный, погасание прямое. Плеохроизм: по Ng- темно-коричневый, по Nr- желтовато-коричневый. Двупреломление 0,046.

Шлиф С-18А/15  
инт. 153,3

### Туфолава риолита

Структура фельзитовая, местами, сферолитовая. Состоит из основной массы (70%), обломков пород (5%), порфировых вкрапленников кварца (8%), плагиоклазов (5%). В небольшом количестве присутствуют чешуйки биотита (2%), хлорит (3%), пиррофиллит (2%), карбонаты (5%).

Основная масса сложена из вулканического стекла, преобладающая часть которого подвержена девитрификации (раскристаллизации) с образованием кварц-хлоритового тонкозернистого, спутанно-волокнистого и сферолитового агрегатов. Реликтовое вулканическое стекло бесцветное, прозрачное, образует причудливые формы, изотропно, показатель преломления ниже канадского бальзама.

Обломки пород темно-буроватые, интенсивно ожелезнены и карбонатизированы.

Кварц бесцветный, образует округлые, бесформенные зерна, которые по краям разъедены вулканическим стеклом.

Плагиоклаз бесцветный, водяно-прозрачный. Зерна плагиоклазов, местами, разъедены вулканическим стеклом. Для них характерны полосы двойникования.

Биотит чешуйчатый, темно-коричневый, почти черный, с четко выраженным плеохроизмом: по Ng- темно-коричневый, по Nr- желто-светло-коричневый.

Хлорит светло-зеленый, желто-зеленый, заполняет пустоты пород, местами, псевдоморфно замещает цветные минералы.

Пиррофиллит бесцветный, листоватый. Отличается высоким двупреломлением (0,048).

Карбонаты буровато- серые, бесцветные. В основном, развиваются по редким обломкам пород.

Шлиф С-19А/1  
инт. 48,0

### Туфопесчаник, слабо хлоритизированный и карбонатизированный

Структура грубозернистая, местами, радиально-лучистая и сферолитовая. Состоит из основной цементирующей массы (55%), обломков пород (5%), минералов- плагиоклаза (14%), кварца (11%), чешуек биотита (2%), мелких зерен рудных минералов (1,5%) и апатита (0,5%).

Порода слабо карбонатизирована (4%) и хлоритизирована (7%).

Основная масса сложена из вулканического стекла, пепла, мельчайшего осадочного песчанистого материала. Вулканическое вещество, в основном, раскристаллизовано (девитрифицировано) с образованием хлоритового, хлорит-кварцевого мелкозернистого агрегата с радиально-лучистым и сферолитовым строением. Реликты бесцветного и водяно-прозрачного вулканического стекла имеют форму волокон, палочек, рогулек и т.д.

Обломки пород размером до 0,3X0,5мм имеют округлую и, сравнительно реже, слабоокатанную формы. Представлены сильно ожелезненными измененными эффузивными породами, по-видимому, основного состава и кремнистыми микрокристаллическими кварцитами.

Плагиоклаз бесцветный, водяно-прозрачный. Зерна угловатые. Представлены двумя разновидностями: зональные и полисинтетически сдвойникованные кристаллы. Нередко, зерна плагиоклазов содержат включения вулканического стекла. По микротрещинам, замещены карбонатом и хлоритом.

Кварц бесцветный, микротрещиноватый. Образует различные формы зерен: округлые, прямоугольные, редко шестигранники.

Биотит чешуйчатый, деформированный, с четко выраженным плеохроизмом: по Ng- темно-коричневый, по Np- `желто-светло-коричневый.

Хлорит представлен двумя разновидностями: зеленовато-синий и зеленовато-желтый. 2-ая разновидность развивается по основной цементирующей массе, а зеленовато-синяя заполняет пустоты пород и, по-видимому, псевдоморфно замещает цветные минералы. В шлифе сохранились лишь реликтовые контуры цветных минералов. Хлорит обладает плеохроизмом: по Ng- зеленовато-синий, по Np- желтовато-зеленый. Двупреломление довольно высокое (0,014).

Карбонат бесцветный, развивается по основной массе и плагиоклазу, псевдоморфно замещает амфиболы, от которых сохранились лишь формы поперечного сечения со следами спайности.

Рудный минерал черный, непрозрачный.

Апатит бесцветный, высокий рельеф, короткостолбчатые кристаллы, низкое двупреломление (0,003).

Шлиф С-19А/2  
инт. 59,0

### Туфопесчаник

Структура грубозернистая. Состоит из основной цементирующей массы (58%), обломков пород (9%), плагиоклазов (12%), кварца (8%), чешуек биотита, реликтовых кристаллов роговой обманки. В небольшом количестве присутствуют апатит (0,5%), рудный минерал (1%). Порода, частично, хлоритизирована (3%) и слегка серицитизирована (0,5%).

Основная цементирующая масса сложена бурым глинистым веществом, хлорит-кварцевым микрокристаллическим агрегатом и реликтовыми формами вулканического стекла, полностью замещенного кварцем.

Обломки пород округлые, угловатые. Представлены темно-серыми, темно-бурыми железненными основными эффузивными породами-андезитами, спилитами и кремнистыми породами.

Плагиоклаз бесцветный, трещиноватый. Представлен двумя разновидностями: зональные и полисинтетически сдвойникованные. Ряд зерен плагиоклаза, вдоль микротрещин, карбонатизированы.

Кварц бесцветный, водяно-прозрачный. Образует округлые и угловатые зерна. Погасание волнистое. Кроме первичного кварца, в шлифе в значительном количестве присутствует вторичный кварц, развивающийся по основной цементирующей массе и вдоль микротрещин.

Роговая обманка представлена в шлифе двумя призматическими кристаллами, в основном, замещенными карбонатом и хлоритом, сравнительно меньше, биотитом. Реликтовые участки представлены зеленой разновидностью с отчетливо выраженным плеохроизмом: по Ng- зеленый, по Np- желтовато-зеленый,  $cNg = 19^\circ$ ,  $Ng-Np = 0,023$ .

Биотит образует мелкие редкие деформированные чешуйки с хорошо выраженным плеохроизмом: по Ng- темно-коричневый, по Np- желто-светло-коричневый.  $Ng-Np = 0,049$ .

Хлорит представлен двумя разновидностями: грязно-зеленой и травяно-зеленой. Грязно-зеленая разновидность развивается по основной цементирующей массе, имеет низкое двупреломление (0,003-0,005), а вторая - по роговой обманке и плагиоклазу, местами, псевдоморфно замещая их, двупреломление, относительно, высокое (0,014).

Карбонат бесцветный, серый, развивается по основной массе, плагиоклазу и роговой обманке. Отличается высоким двупреломлением (0,17) и перламутровой интерференционной окраской.

Серицит присутствует в небольшом количестве, развивается по хлорит-кремнистой цементирующей массе, образует мелкие чешуйки, бесцветный, погасание прямое, двупреломление высокое (0,044).

Рудный минерал черный, непрозрачный, образует мелкие бесформенные зерна.

Шлиф С-19А/3  
инт. 62,5

**Андезит, слабо карбонатизированный,  
окварцованный**

Структура офитовая, порфировидная. Состоит из основной массы (66%), порфировых выделений плагиоклазов (13%), моноклинного пироксена (7%). В небольшом количестве присутствует рудный минерал (2%). Порода слегка хлоритизирована (4%), карбонатизирована (5%) и окварцована (3%).

Основная масса сложена из темно-серого вулканического стекла и микролитов плагиоклаза. Местами, основная масса хлоритизирована, окварцована и карбонатизирована.

Плагиоклаз образует порфиновые выделения тонкопластинчатых кристаллов, местами, частично хлоритизированных и карбонатизированных. Относится к ряду андезин-лабрадор (NN 40-65).

Моноклинный пироксен образует порфиновые выделения, в основном, по одному индивиду в основной массе. Пироксен бесцветный, рельеф высокий,  $cNg = 42$ ,  $Ng-Np = 0,028$ , по видимому, относится к пижониту. Некоторые зерна пироксенов карбонатизированы, сравнительно меньше окварцованы.

Рудный минерал черный, непрозрачный. Относительно крупные зерна располагаются возле пироксеновых зерен, мелкие - рассеяны в основной массе.

Хлорит образует зернистые и пластинчатые агрегаты, заполняет пустоты породы и замещает основную массу и пироксены. Обладает слабым плеохроизмом: по Ng- желто-зеленый, по Np- синева-зеленый.  $Ng-Np = 0,011$ .

Карбонат бесцветный, развивается по основной массе, плагиоклазу и пироксену, нередко совместно с кварцем. Отличается высоким двупреломлением (0,17) и явлением псевдоабсорбции.

Кварц бесцветный, развивается по микротрещинам основной массы, частично, по порфиновым выделениям плагиоклазов и пироксенов.

Порода, в целом, слабо карбонатизирована, хлоритизирована, еще меньше окварцована.

### Туфопесчаник

Структура грубозернистая. Состоит из цементирующей основной массы (60%), обломков пород (5%), плагиоклазов (14%), кварца (7%). В небольшом количестве присутствуют пироксены (2%), роговая обманка (3%), биотит (3%). порода слабо карбонатизирована (5%), сравнительно меньше хлоритизирована.

Основная цементирующая масса светло-бурая, желтовато-бурая, сложена вулканическим стеклом, пеплом и кварц-карбонатным мелкозернистым агрегатом. Вулканическое вещество слегка раскристаллизовано с образованием кварц-хлоритового агрегата. Местами, основная цементирующая масса карбонатизирована, окварцована, изредка, вдоль трещин серицитизирована. Основная часть цементирующей массы изотропна.

Обломки пород округлые, слабо угловатые, местами трещиноватые. Представлены эффузивными породами- андезитами, спилитами и кремнистыми породами. Основная масса обломков бурая, черная, что связано с ожелезнением. Сохранились, также, микролиты и лейсты плагиоклазов без ожелезнения.

Плагиоклаз бесцветный, представлен слабо трещиноватыми, угловатыми зернами. Под микроскопом выделяются две разновидности: зональные и полисинтетически сдвойникованные. В большинстве, зерна плагиоклазов свежие, неизмененные. Изредка, они, вдоль микротрещин, карбонатизированы.

Кварц бесцветный, угловатый, реже округлый. Для него характерно волнистое погасание, двупреломление низкое (0,003).

Пироксен бесцветный, образует таблитчатые кристаллы, трещиноватый. В шлифе установлены 4 зерна пироксенов, три из которых- моноклинные, а один- ромбический. Двупреломление моноклинных пироксенов равно 0,023,  $cNg = 37^\circ$ . У ромбического пироксена погасание прямое, двупреломление равно 0,015. Зерна пироксенов карбонатизированы, сохранив лишь реликтовые участки.

Биотит чешуйчатый, с отчетливо выраженным плеохроизмом: по Ng- темно-коричневый, почти черный, по Np- желтовато-коричневый.

Роговая обманка представлена короткостолбчатыми кристаллами с хорошо выраженным плеохроизмом: по Ng- коричнево-зеленый, по Np- светло-желто-коричневый,  $cNg = 19^\circ$ ,  $Ng-Np = 0,018$ . Роговая обманка, частично, карбонатизирована и хлоритизирована.

Карбонат бесцветный, образует зернистые агрегаты и пластинчатые кристаллы. Отличается высоким двупреломлением (0,17), интерференционной окраской и явлением псевдоабсорбции.



Рудный минерал черный, непрозрачный, образует неправильные формы зерен. Наблюдается единичный случай симплективного срастания рудного минерала с биотитом.

Шлиф С-19А/5  
инт. 131,0

**Туфопесчаник, интенсивно  
тектонически деформированный**

Состоит из темно-бурого вещества, обломков эффузивных и кремнистых пород. В небольшом количестве присутствуют кварц, плагиоклаз, рудный минерал.

Темно-бурое вещество непрозрачное, аморфное, частично раскристаллизовано с образованием кремнисто-хлоритового мелкокристаллического агрегата, который, местами, карбонатизирован.

Обломки пород представлены темно-серым спилитом и серыми кремнистыми породами. Спилит сложен основной хлорит-альбитовой массой, удлиненными лейстами альбита и мельчайшими зернами рудного минерала.

Плагиоклаз бесцветный, деформированный, отличается наличием полисинтетических двойников.

Кварц бесцветный, трещиноватый, для него характерно волнистое погасание.

Рудный минерал черный, непрозрачный.

В целом, порода сильно раздроблена и слегка карбонатизирована.

Шлиф С-19А/6  
инт. 134,5

### Туфопесчаник

Структура грубозернистая. Сложена из основной цементирующей массы (60%), обломков пород (15%), минералов- плагиоклазов (14%), кварца (8%). В небольшом количестве присутствует рудный минерал (3%).

Основная масса сложена бурым, темно-бурым непрозрачным веществом.

Обломки пород представлены эффузивными породами, по- видимому, андезитами с порфировыми выделениями плагиоклазов. Основная масса ожелезнена, почти черная, с микролитами плагиоклазов.

Плагиоклаз бесцветный, трещиноватый, угловатый. В шлифе наблюдаются как зональные, так и полисинтетически сдвойникованные разновидности. Зерна плагиоклазов содержат включения вулканического стекла и игольчатые кристаллики апатита.

Кварц бесцветный, угловатый, сильно трещиноватый, с характерным волнистым погасанием.

Рудный минерал черный, непрозрачный. Образует бесформенные мелкие зерна.

Шлиф С-19А/7  
инт. 140,5

Туфопесчаник, брекчированный,  
слабо карбонатизированный

Структура грубозернистая, тектонически раздробленная. Состоит из цементирующей основной массы (53%), обломков пород (25%), минералов-плагиоклаза (6%), кварца (5%). В небольшом количестве присутствуют биотит и рудные минералы.

Основная цементирующая масса бурая, темно-бурая, частично раскристаллизована с образованием хлорит-кремнистого микрокристаллического агрегата. Вдоль микротрещин и по краям основная масса карбонатизирована.

Обломки пород представлены андезитом и спилитом. Основная масса андезитов бурая, непрозрачная, среди которой выделяются бесцветные микролиты и порфировые выделения плагиоклазов. Спилиты сложены хлорит-альбитовой основной массой и лейстами альбита. Показатель преломления плагиоклаз-альбита ниже канадского бальзама.

Плагиоклаз бесцветный, угловатый, сильно трещиноватый с характерными полисинтетическими двойниками.

Кварц бесцветный, угловатый, реже округлый с волнистым погасанием.

Биотит совместно с хлоритом образует волокнистые агрегаты. Биотит-хлоритовая смесь буровато-коричневая, в отличие от чистого биотита, плеохроизм выражен слабо: по Ng- буровато-коричневый, по Np- желтовато-коричневый.

Рудный минерал черный, непрозрачный.

Шлиф С-19А/8  
инт. 150,8

### Риолит (липарит)

Структура сферолитовая. Сложена из вулканического стекла (85%), редких порфировых выделений кварца (8%) и плагиоклаза (5%). Порода слегка карбонатизирована.

Вулканическое стекло бурое, желтовато-бурое, изотропное, частично раскристаллизованное с образованием сферолитов, сложенных кварцем и кремнистым веществом.

Кварц бесцветный, образует неправильные формы зерен, погасание волнистое, двупреломление равно 0,009.

Плагиоклаз бесцветный, слегка пелитизированный с характерными полисинтетическими двойниками. Принадлежит ряду олигоклаз-андезин (NN 11-50).

Карбонат бесцветный, образует мелкозернистые агрегаты. Отличается высоким двупреломлением (0,17) и явлением псевдоабсорбции.

Основная масса, т.е. вулканическое стекло, слегка карбонатизирована.

Шлиф С-19А/9  
инт, 152,0

### Туфопесчаник

Порода раздроблена, разрушена., вследствие чего качество шлифа низкое.

Состоит из основной массы, обломков измененных деформированных пород, минералов- плагиоклаза, кварца, рудного минерала.

Основная цементирующая масса изотропна, бурая, твмно-бурая, частично раскристаллизована с образованием хлорит-кремнистых участков-микрокристаллических, анизотропных.

Обломки пород, по-видимому, принадлежат эффузивным основным породам. Они сильно деформированы и изменены.

Плагиоклаз бесцветный, водянопрозрачный. Наблюдаются как зональные, так и сдвойникованные разновидности.

Кварц бесцветный, угловатый, образует зерна неправильной формы. Для них характерно волнистое погасание.

Рудный минерал черный, непрозрачный.

Шлиф С-19А/10  
инт. 159,2

### Риолит (липарит)

Состоит из вулканического стекла (85%), вкрапленников кварца (6%), плагиоклаза (3%), чешуек биотита (2%), ксенолитов-останцев эффузивных пород и рудных минералов.

Вулканическое стекло буровато-серое, серое, бесцветное.

Преобладающая часть вулканического вещества подвержена раскристаллизации, в результате чего происходит замещение вулканического стекла кремнистым мелкокристаллическим агрегатом, трудно диагностируемым даже при больших увеличениях. Нераскристаллизованная часть стекла бесцветна, изотропна, светло-серая, образует разные формы-пластинки, палочки и другие причудливые формы.

Кварц бесцветный, местами с волнистым погасанием, двупреломление равно 0,009.

Плагиоклаз бесцветный, с полисинтетическими двойниками, принадлежит к ряду олигоклаз-андезин (NN 11-50).

Биотит образует мелкие чешуйки с хорошо выраженным плеохроизмом; по Ng- темно-коричневый, по Np- желтовато-светло-коричневый.

Рудный минерал черный, непрозрачный.

Реликты-останцы эффузивных пород сильно изменены, трудно диагностируемы.

Шлиф С-19А/11  
инт. 161,5

### Риолит (липарит)

Состоит из вулканического стекла (80%), ксенолитов основных эффузивных пород (4%), включений кварца (6%) и плагиоклаза (3%). В небольшом количестве присутствуют рудные минералы (1,5%). Порода слабо хлоритизирована.

Вулканическое стекло бурое, желтовато-бурое, изотропно, показатель преломления ниже канадского бальзама. Преобладающая часть (65%) вулканического стекла раскристаллизовано с образованием мелкокристаллического кремнистого агрегата с радиально-лучистым, сферолитовым строением.

Кварц бесцветный, образует неправильные зерна. По краям опаленный, разъеденный. Двупреломление 0,009, погасание волнистое.

Плагиоклаз бесцветный, водянопрозрачный, полисинтетически сдвойникованный, представлен андезином (NN 33- 36).

Ксенолиты сильно хлоритизированных ожелезненных эффузивных пород, по краям, разъедены.

Рудный минерал черный, непрозрачный.

Порода, местами, хлоритизирована.