

УДК 553.08

Р.И. Пашкевич, С.Р. Таранов, В.Е. Кунгурова

**СОСТАВ ПОРОД УЧАСТКА АВАЧИНСКОЙ
ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Проведен рентгенофазовый анализ (метод корундового числа) образцов, отобранных из керна скважин, пройденных в южной части Авачинской геотермальной системы. Петрографический состав пород представлен пористыми пироксен-плагиоклазовыми андезибазальтами, базальтами, андезитами, реже туфами. Определены основные группы минералов, из которых состоят породы: полевые шпаты, пироксены, кремнезем (преимущественно кварц), часто присутствует магнетит. Ключевые слова: Авачинская геотермальная система, рентгенофазовый анализ, метод корундового числа, пироксен-плагиоклазовые андезибазальты.

В 2014–2015 гг. НИГТЦ ДВО РАН выполнял научно-исследовательскую работу [1]. В ходе выполнения работ в южной части Авачинской геотермальной системы было пробурено 25 скважин глубиной 10 м (рис. 1 (см. стр. 305)). Был отобран керн скважин, в основном, с глубин 5 и 10 м. Наряду с определением теплофизических свойств образцов пород, результаты которого приведены в [1,2], были также выполнены исследования их минералогического состава, краткие результаты которых представлены в настоящей работе.

Образцы керна изучались методом рентгеновской спектроскопии на порошковом рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima IV. Анализ полученных спектров и расчет минерального состава породы проводился методом корундового числа (RIR метод) с использованием программного комплекса PDXL-2 [3, 4]. Несмотря на то, что метод корундового числа нельзя считать методом количественного анализа, его использование позволяет дать не только качественную, но и количественную оценку присутствия минералов в породе.

Всего было исследовано 49 образцов. Петрографический состав пород однообразен. Они представлены, в основном, в различной степени пористыми (от 1–2 до 25 %) андезибазальтами,

Таблица 1
Анализ минерального состава пород южной части Авачинской геотермальной системы

№ п/п	Номера проб, интервал отбора, м	Макроскопическое описание пород	Содержание минералов в породе, % (рентгенофазовый анализ)				Единично присутствуют	
			Плагиоклаз	Кварц	Пироксены	Магнетит		
1	1_0,2-0,8м	Андезитобазальт (андезит?) массивный, порфировой структуры. Минеральный состав представлен мелкими и средними (0,5–1,5 мм) вкраплениями плагиоклаза; пироксен встречается в виде скопленных размером до 3–4 мм. Единично присутствует эпидот.	71,3	13,1	15,3	–	–	оливин ($MgFeSiO_4$), шпинель ($MgAl_2O_4$), гроссуляр ($Ca_3Al_2Si_3O_{12}$), пектолит ($Ca_2NaH(SiO_3)_3$), пироп ($Mg_2FeAl_2(SiO_4)_3$), кальциевая слюда ($Ca_{0,5}AlSi_6O_{11}$), доломит ($CaMg(CO_3)_2$), магнетит (Fe_3O_4), рутил/анатаз (TiO_2)
2	1_5м	Андезитобазальт пироксен-плагиоклазовый, массивной текстуры, порфировой структуры. Многочисленные вкрапления плагиоклаза размером от 0,5 до 3 мм; встречается пироксен в виде столбчатых фенокристов размером до 3 мм. Единично – кристаллы оливины размером до 1 мм.	79,0	5,2	14,1	2,0	–	оливин ($MgFeSiO_4$), мусковит ($KAl_2(AlSi_3)O_{10}(OH)_2$), доломит ($CaMg(CO_3)_2$), перовскит ($CaTiO_3$), рутил/анатаз (TiO_2)
3	1_7,0-7,2м	Андезитобазальт пироксен-плагиоклазовый массивный, средне-крупнопорфиоровый. На фоне полустекловатой массы наблюдаются присутствие многочисленных вкраплений плагиоклаза (около 50 %) размером 0,5–3 мм. Встречены (7–10 %) крупные (до 2–3 мм), столбчатые кристаллы пироксенов. Пористость незначительная – менее 5 %.	65,2	13,3	10,4	7,3	Эпидот ($Ca_2(Al_2Fe)Si_2O_7(SiO_4)O(OH)$) / 3,2	оливин ($MgFeSiO_4$), корунд (Al_2O_3), доломит ($CaMg(CO_3)_2$), гидроксилпатит ($Ca(PO_4)_3OH$), флюорит (CaF_2), гетит ($Fe(OH)$), ильменит ($FeTiO_3$)

88 Продолжение табл. 1

№ п/п	Номера проб, интервал отбора, м	Макроскопическое описание породы	Содержание минералов в породе, % (рентгенофазовый анализ)					Единично присутствуют
			Основные минералы			Присутствуют значимо/ содержание	Магнетит	
			Плагиоклаз	Кварц	Пироксены			
4	1_10м	Андезит (?) светло-серого цвета, порфировой структуры. Порода легко раскалывается, плоскостям скола развиты глинистые минералы (монтмориллонит?). На фоне стекловатой основной массы преобладают порфировые вкрапленники плагиоклаза размером 0,5–1,5 мм. Пироксены в виде короткостолбчатых кристаллов размером до 1 мм. Пористость составляет около 15 %; поверхности пор покрыты окислами и гидроокислами железа.	85,0	7,7	7,7	–	–	оливин ($MgFeSiO_4$), корунд (Al_2O_3), воластонит ($CaSiO_3$), иллит ($KAl_2Si_4O_{10}(OH)_2$), магнетит (Fe_3O_4), перовскит ($CaTiO_3$), рутил/анатаз (TiO_2)
5	01_5м	Андезитобазальт пироксен-плагиоклазовый, темно-серого, с фиолетовым оттенком цвета, ноздреватый. Кристаллы плагиоклаза размером 0,2–1 мм; пироксены в виде столбчатых кристаллов до 1,5 мм. Поры составляют 15–20 %.	64,0	10,8	21,5	3,4	–	шпинель ($MgAl_2O_4$), гетит ($FeO(OH)$), рутил/анатаз (TiO_2)
6	01_10м	Андезит(?) мелкопорфиривый. Преобладают порфировые вкрапленники плагиоклаза	70,0	10,2	19,7	–	–	корунд (Al_2O_3), рутил/анатаз (TiO_2), перовскит ($CaTiO_3$)

7	1PR_5м	размером 0,5 мм, редко 1 мм. Пироксены в виде короткостолбчатых фенокристов, размером до 3–5 мм. Единично – амфиболы. Поры равномерно распределены по всей породе, имеют различную форму.	73,3	11,7	7,0	1,4	оливин (MgFe-SiO ₄) / 3,2; амфибол (Na(Na _{0,7} Mg ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂) / 3,6	корунд (Al ₂ O ₃), магнезит (MgCO ₃), кальцит (CaCO ₃), паргасит (NaCa ₂ Mg ₄ Al(Si ₆ Al ₂ O ₂₂ (OH) ₂), мусковит (KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂), пектолит (Ca ₂ NaH(SiO ₃) ₃), рутил/анатаз (TiO ₂), перовскит (CaTiO ₃), титанит (CaTiOSiO ₄)
8	1PR_10м	Андезитовый порфиритовый массив. Вкрапленники плагиоклаза размером до 2 мм. Присутствуют фенокристы пироксены призматической формы, размером 1–2 мм. Наблюдается пористость до 10–15 %. Поры разнообразной формы, размером от 0,5 до 5 мм; их поверхность внутри покрыта окислами и гидроокислами железа (гетит, лимонит, гидротелит, гематит?).	81,0	4,6	10,1	3,2	оливин (MgFe-SiO ₄) / 0,8	эпидот (Ca ₂ (Al,Fe) ₃ (Si ₂ O ₇)(SiO ₄)(OH) ₂), пирроп (Mg ₂ FeAlSi ₃ O ₁₂), кальцит (CaCO ₃), брукит (Mg(OH) ₂), доломит (CaMg(CO ₃) ₂), анапатит (Ca ₂ Fe(PO ₄) ₂ ·4H ₂ O), гематит (Fe ₂ O ₃), рутил/анатаз (TiO ₂)

90
Продолжение табл. 1

№ п/п	Номера проб, интервал отбора, м	Макроскопическое описание пород	Содержание минералов в породе, % (рентгенофазовый анализ)				Присутствуют значимо/ содержание	Единично присутствуют
			Плагиоклаз	Кварц	Пироксены	Магнетит		
9	2PR_4,7-5,0м	Андезитобазальт пироксен-амфиболовый мелкопорфировый, пористый. Поры составляют до 10–15 %, вытянуты в одном направлении, без заполнения. Вкрапления плагиоклаза размером менее 1 мм, в меньшем количестве присутствуют пироксены. Единично – оливин, эпидот.	64,0	14,7	17,4	–	оливин (MgFeSiO ₄) / 1,2 эпидот (Ca ₂ Al ₂ FeSi ₂ O ₇ (SiO ₃ O(OH)) / 1,7	биотит (K(Mg,Fe) ₃ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₂), корунд (Al ₂ O ₃), гидроксилатит (Ca(PO ₄) ₃ OH), кальцит (CaCO ₃), гетит (Fe(OH)), титанит (CaTiOSiO ₄), перовскит (CaTiO ₃), ильменит (FeTiO ₃), рутил/анатаз (TiO ₂)
10	2PR_5 м	Андезитобазальт порфировой структуры, пористый. Вкрапления плагиоклаза представлены мелкими – от долей мм до 1–2 мм по длине оси – кристаллами. Встречен пироксен, размер фенокристов 1–2 мм. Поры составляют до 10–15 %, часто объединяются, образуя вытянутые вычурные пустоты. Размер пор от 0,5 мм до 5x8 мм. Единично присутствует оливин.	75,0	9,3	14,0	2,0	–	оливин (MgFeSiO ₄), корунд (Al ₂ O ₃), пироп (Mg ₂ FeAl ₂ Si ₃ O ₁₂), гидроксилатит (Ca(PO ₄) ₃ OH), кальцит (CaCO ₃), гетит (Fe(OH)), перовскит (CaTiO ₃), титанит (CaTiOSiO ₄), рутил/анатаз (TiO ₂)
11	2PR_1 0м	Андезитобазальт (базальт?) плотный, относительно свежего облика, массивной текстурой; мелкопорфировой, ближе к афировой, структуры. В основной массе многочисленные (менее 0,5 мм)	79,0	9,0	8,4	–	оливин (MgFeSiO ₄) / 1,2; парагонит (NaAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂) / 2,1	корунд (Al ₂ O ₃), пироп (Mg ₂ FeAl ₂ Si ₃ O ₁₂), поргандит (Ca(OH) ₂), магнетит (Fe ₃ O ₄), рутил/анатаз (TiO ₂)

12	2_9,8-10,1м	таблички плагиоклаза и редкие короткопризматические кристаллы пироксена размером до 1,5 мм. Единично – нитевидные прожилки и тонкие вкрапления хлорита.	65,0	10,0	15,8	2,5	оливин (MgFeSiO ₄) / 4,9; гетит (FeO(OH)) / 2,1	корунд (Al ₂ O ₃), шпинель (MgAl ₂ O ₄), перовскит (CaTiO ₃), рутил/анатаз (TiO ₂)
13	2_10м	Андезибазальт пироксен-плагиоклазовый порфировой структуры. Пористость – до 10 % объема породы (верхняя часть разреза?). Преобладает плагиоклаз размером от <0,5 до 2 мм; встречаются также пироксены темно-зеленого, почти черного цвета размером 1–2 мм.	74,0	9,7	12,6		оливин (MgFeSiO ₄) / 3,1; паратонит (NaAl ₂ /AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂) / 0,9	корунд (Al ₂ O ₃), шпинель (MgAl ₂ O ₄), пироп (Mg ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃), эпидот (Ca ₂ (AlFe) ₃ (Si ₂ O ₇)(SiO ₄)(OH) ₂), вермикулит (Mg ₃ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·4H ₂ O), гетит (Fe ₂ O ₃)
14	2_03W_5м	Андезибазальт (андезит?) массивный, крупнопорфировой. На фоне основной полустекловатой массы – многочисленные вкрапления плагиоклаза – 1–3 мм, реже кристаллы пироксена размером до 3 мм. Единично: кристаллы амфиболов, эпидот.	71,0	8,4	20,2	–	–	корунд (Al ₂ O ₃), доломит (CaMg(CO ₃) ₂), эпидот (Ca ₂ (AlFe) ₃ (Si ₂ O ₇)(SiO ₄)(OH) ₂), маргарит (CaAl ₂ (Si ₂ Al ₂ O ₁₀ (OH) ₂), рутил/анатаз (TiO ₂), титанит (CaTiOSiO ₄)

92 Продолжение табл. 1

№ п/п	Номера проб, интервал отбора, м	Макроскопическое описание породы	Содержание минералов в породе, % (рентгенофазовый анализ)				Единично присутствуют	
			Плагиоклаз	Кварц	Пироксены	Магнетит		Присутствуют значимо/ содержание
15	2_03W _10м	Андезитобазальт темно-серого цвета, плотный, мелкопорфировый. На фоне стекловатой массы видны многочисленные окрашенные вкрапления плагиоклаза в виде табличек и иголок размером 0,1–0,5 мм, встречены кристаллы пироксенов. Единично – оливки размером до 1 мм.	53,0	12,5	25,7	2,3	оливин (MgFe-SiO ₄) / SiO ₄) / 6,4	корунд (Al ₂ O ₃), доломит (CaMg(CO ₃) ₂), рутил/анатаз (TiO ₂)
16	2A_03 _5м	Андезитобазальт массивный, равномерно-среднепорфировый. Преобладает плагиоклаз: кристаллы табличчатые, размером – 1,5–2 мм; в некоторых наблюдается хорошо выраженная зональность: центр кристалла имеет розоватый оттенок, края – светлее. Присутствуют фенокристаллы пироксена размером до 2 мм. Единично встречены амфибол, оливин.	77,0	15,3	7,6	–	–	оливин (MgFeSiO ₄), корунд (Al ₂ O ₃), магнетит (MgCO ₃), кальцевая слюда (Ca _{0,5} Al ₃ Si ₃ O ₁₁), пироп (Mg ₃ Al(SiO ₄) ₃), анатаз (Ca ₂ Fe(PO ₄) ₂ ·4H ₂ O), магнетит (Fe ₃ O ₄), берналит (Fe(OH) ₃), липидокрокит (Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O), рутил/анатаз (TiO ₂)
17	3_5м	Андезитобазальт псевдобрекчиевидный (нижняя или верхняя часть разреза) пороксен-плагиоклазовый. Порода имеет неоднородную пеструю окраску; преимущественно грязно-бордовую за счет «ожелезнения»,	74,5	2,1	19,4	–	андрацит (Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃) / 3,3; кальцит (CaCO ₃) / 1,1	корунд (Al ₂ O ₃), флюорит (CaF ₂), ярозит (KFe ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆), магнетит (Fe ₃ O ₄), рутил/анатаз (TiO ₂)

94 Продолжение табл. 1

№ п/п	Номера проб, интервал отбора, м	Макроскопическое описание пород	Содержание минералов в породе, % (рентгенофазовый анализ)					Единично присутствуют
			Плагиоклаз	Кварц	Пироксены	Магнетит	Присутствуют значимо/сохранение	
21	ЗРР_5, 6-5,9м	Пироксены присутствуют в меньшем количестве, в виде отдельных короткостолбчатых кристаллов размером до 1 мм. Единично: эпидот в форме изомерных включений, магнетит. Андезибазальт (андезит?) массивный, с обильными среднего и крупного размера (0,5–3 мм) порфирowymi выделениями плагиоклаза и более редкими фенокристаллами (размером до 5 мм) пироксена, заключенными в стекловатой основной массе; единично – слюда (серцит?).	81,0	12,0	8,5	–	–	корунд (Al ₂ O ₃), флюорит (CaF ₂), магнетит (Fe ₃ O ₄), рутил/анатаз (TiO ₂)
22	ЗРР_1 0м	Андезит(?) массивной текстуры. Порода трудно раскалывается, окварцована. Преобладают порфирные вкрапления плагиоклаза размером 0,5–1,5 мм. Пироксены – в виде короткостолбчатых кристаллов размером до 1 мм по длинной оси или в форме скоплений 2х3 мм. Единично: биотит, амфибол, рутил (?).	86,1	9,1	4,7	–	–	оливин (MgFeSiO ₄), рутил/анатаз (TiO ₂)
23	03W_5 м	Андезибазальт (андезит?) массивный, средне-крупнопорфировый.	65,0	14,2	14,8	1,2	оливин (MgFeSiO ₄) / 5,8;	корунд (Al ₂ O ₃), шпинель (MgAl ₂ O ₄), гематит (Fe ₂ O ₃), гетит (FeO(OH)),

24	03W_5 2-5,4м	На фоне основной стекловатой массы – многочисленные порфиновые вкрапленники платиоклаза размером 1-2,5 мм, реже – кристаллы пироксена. Единично встречены амфиболы (?), магнетит.	69,0	5,7	8,0	–	гибсит (Ca ₃ Al ₂ Si ₂ O ₈ (OH) ₄) / 2,0	ильменит (FeTiO ₃), рутил/анатаз (TiO ₂)
25	03W_1 0м	Базальт (андезитбазальт?), афировой структуры. На фоне стекловатой массы выделяются кристаллы платиоклаза размером до 2 мм; из темноцветных минералов присутствует пироксен; встречены изометричные вкрапленники оливины размером до 2 мм.	78,4	11,2	7,9	2,0	–	корунд (Al ₂ O ₃), пирроп (Mg ₃ Al(SiO ₄) ₃), кальциевая слюда (CaAl ₆ Si ₆ O ₁₁), парогонит (NaAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂), флогопит (KMg ₃ Al(Si ₃ O ₁₀ (OH)F), гидросодалит (Na _{0,3} K _{0,7} AlSi ₃ O ₇ ·1,3H ₂ O), гетит (FeO(OH)), титанит (CaTiOSiO ₄) рутил/анатаз (TiO ₂)
26	3_02_5 м	Андезитбазальт (базальт?) массивный, афировой структуры. Преобладает платиоклаз; в подчиненном кол-ве – пироксен. Порода раскалывается по тонким трещинкам, по которым развиваются окислы-гидроокислы железа.	78,0	1,8	15,3	1,7	эпидот (Ca ₂ Al _{2,5} Fe _{0,5} (SiO ₄) ₃ (OH)) / 2,7	рутил/анатаз (TiO ₂)
		Андезитбазальт порфировой структуры, мелкопористый. Платиоклаз в виде порфиновых вкрапленников размером от менее 0,5 мм до 3 мм, составляет основную часть породы. На фоне полустекловатой массы встречены вытянутые кристаллы пироксенов; единично – эпидот.						корунд (Al ₂ O ₃), кальцит (CaCO ₃), магнетит (MgCO ₃), титанит (CaTiOSiO ₄), рутил/анатаз (TiO ₂)

96 Продолжение табл. 1

№ п/п	Номера проб, интервал отбора, м	Макроскопическое описание пород	Содержание минералов в породе, % (рентгенофазовый анализ)				Единично присутствуют	
			Плагиоклаз	Кварц	Пироксены	Магнетит		
27	3_02_10м	Андезитовый, средне-крупно-порфировый. Преобладающими в породе являются многочисленные лейсты плагиоклаза размером от 0,5 до 3 мм, в меньшем количестве присутствуют фенокристаллы пироксена.	71,2	17,7	7,4	3,7	–	оливин (MgFeSiO ₄), гидроксилалатит (Ca ₅ (PO ₄) ₃ OH), кальцит (CaCO ₃), кальциевая слюда (Ca _{0,5} AlSi ₃ O ₁₁), мусковит (KAl ₂ Si _{3,5} Al _{0,5} O ₁₀ (OH) ₂), рутил/анатаз (TiO ₂), корунд (Al ₂ O ₃), шпинель (MgAl ₂ O ₄), флогопит (KMg ₃ Al(Si ₃ O ₁₀)(OH)F), мусковит (KAl ₂ (AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₂), рутил/анатаз (TiO ₂)
28	3_07_5м	Андезитовый, среднепорфировый, пористый. Плагиоклаз представлен вытянутыми кристаллами размером от 0,5 мм до 1, реже 2 мм. Встречается пироксен в виде удлиненных кристаллов (до 2 мм по длинной оси), неравномерно распределенных в породе. Пустоты составляют до 10 %, размер их 0,1–10 мм по длинной оси и 1–3 мм в высоту; вытянуты преимущественно в одном направлении, их стенки выстланы окислами гидроксидов железа. Единично – слюда.	75,0	14,0	9,5	1,1	–	оливин (MgFeSiO ₄), шпинель (MgAl ₂ O ₄), анапатит (Ca ₂ Fe(PO ₄) ₂ ·4H ₂ O), доломит (CaMg(CO ₃) ₂), рутил/анатаз (TiO ₂)
29	3_07_10м	Андезитовый, мелкокристальный, мелкопорфировый структуры. В породе присутствуют многочисленные кристаллы плагиоклаза размером от долей до 1 мм; в небольшом количестве – пироксены размером	79,0	11,3	4,6	4,9	–	оливин (MgFeSiO ₄), шпинель (MgAl ₂ O ₄), анапатит (Ca ₂ Fe(PO ₄) ₂ ·4H ₂ O), доломит (CaMg(CO ₃) ₂), рутил/анатаз (TiO ₂)

30	04W_5м	до 1,5–2,0 мм по длинной оси. Породы распределены более-менее равномерно по всему объему породы и составляют 5–10 %. Единично – оливин.	76,3	9,2	6,8	6,4	оливин (MgFe-SiO ₄) / 1,2	шпинель (MgAlO ₄), анпатит (Ca ₂ Fe(PO ₄) ₂ ·4H ₂ O), доломит (CaMg(CO ₃) ₂), гидросодалит (Na _{0,3} K _{0,7} AlSiO ₄ ·1,3H ₂ O), ильменит (FeTiO ₃), перовскит (CaTiO ₃), рутил/анатаз (TiO ₂)
31	04W_8,8-9,1м	Андезитобазальт (базальт?) массивный, афировой структуры, с нитевидными, ориентированными в одном направлении, прожилками белого цвета, по которым и раскалывается порода. Многочисленны мелкие лейсты (до 1 мм) плагиоклаза; пироксен встречается в виде вытянутых призматических кристаллов размером до 1,5 мм. На отдельных участках наблюдается пористость, стенки пор выстланы окислами-гидроокислами железа (гетит? гидрогетит?). Единично встречаются эпидот, хлорит.	69,9	13,6	12,7	3,6	–	гидросодалит (Na _{0,3} K _{0,7} AlSiO ₄ ·1,3H ₂ O), пирот (Mg ₂ FeAl ₂ (SiO ₄) ₃), гроссуляр (CaAlSi ₃ O ₁₂), гидроксилатит (Ca ₅ (PO ₄) ₃ OH), флюорит (CaF ₂), эпидот (Ca ₂ (Al,Fe) ₃ (Si ₂ O ₇)SiO ₄ (OH) ₂), ильменит (FeTiO ₃), рутил/анатаз (TiO ₂)

98 Продолжение табл. 1

№ п/п	Номера проб, интервал отбора, м	Макроскопическое описание пород	Содержание минералов в породе, % (рентгенофазовый анализ)				Присутствуют ли/со-держание	Единично присутствуют
			Плагиоклаз	Кварц	Пироксены	Магнетит		
32	04W_1 0м	Андезитобазальт средне-крупнопорфировый. На фоне стекловатой массы преобладают плагиоклаз, реже наблюдаются фенокристы пироксена. Плагиоклаз представлен фрагментами размером до 2 мм; пироксены в форме столбчатых кристаллов. Единично встречено зерно оливины. Пористость составляет 10 %. Породы различной формы и размеров: от долей мм до 3х5 мм; стенки пор нередко выстланы окислами и гидроокислами железа (лимонит, гетит, гидрогетит?) желто-коричневого цвета.	72,8	12,0	14,0	1,1	–	оливин ($MgFeSiO_4$), корунд (Al_2O_3), шпинель ($MgAl_2O_4$), магнетит ($MgCO_3$), эпидот ($Ca_2Al_2(Al_{0,5}Fe_{0,5})(SiO_4)_3OH$), паратонит ($NaAl_2(AlSi_3O_{10}(OH)_2$), гетит ($FeO(OH)$), рутил/анатаз (TiO_2), титанит ($CaTiOSiO_4$)
33	4_3_5 м	Андезитобазальт (андезит?) пироксен-плагиоклазовый средне-крупнопорфировый. Отмечается наличие пор до 5 %. На фоне полустекловатой массы преобладают фрагменты плагиоклаза; размер их – от долей мм до 3 мм, но основная масса представлена кристаллами 1–2 мм. В незначительном количестве встречены пироксены размером до 2–3 мм по длинной оси.	82,0	5,2	10,2	0,9	гематит (Fe_2O_3) / 1,3	оливин ($MgFeSiO_4$), морденит ($(K_3Na_2Ca_2)(Al_9Si_9O_{36}) \cdot 34H_2O$), гетит ($FeO(OH)$), рутил/анатаз (TiO_2)

34	4_3_1 Ом	Андезитовый пироксен-плаггиоклазовый массивный, средне-крупнопорфировый. Общее количество вкрапленников – около 60%. Многоцветные вкрапленники плаггиоклаза размером до 3–4 мм. В некоторых кристаллах наблюдается зональность: каймы в плаггиоклазе располагаются от центра к краю. Единично встречаются кристаллы амфиболов, оливин.	79,7	1,7	10,1	2,0	оливин (MgFeSiO ₄) / 2,5; доломит (CaMg(CO ₃) ₂) / 1,3; берналит (Fe(OH) ₃ · 0,25H ₂ O) / 3,1	корунд (Al ₂ O ₃), шпинель (MgAl ₂ O ₄), брукит (Mg(OH) ₂), пироп (Mg ₂ FeAl ₂ (SiO ₄) ₃), кальциевая слюда (Ca _{0,5} AlSi ₆ O ₁₁), мусковит (KAl _{1,8} Fe _{0,2} (Al _{0,8} Si _{3,2} O ₁₀)(OH) ₂), гидросодалит (Na _{0,3} K _{0,7} AlSi ₄ · 1,3H ₂ O), лепидокрокит (Fe ₂ O ₃ · H ₂ O), титанит (CaTiSiO ₄), рутил/анатаз (TiO ₂)
35	4_5_5 М	Андезитовый (андезит?) плотный, свежего облика, мелко-среднепорфировый. В породе преобладают вкрапленники плаггиоклаза светло-серого цвета, размером 1–2 мм; присутствуют редко, но более крупные, до 5 мм, кристаллы темно-серо-зеленых пироксенов.	72,2	4,1	16,1	2,0	берналит (Fe(OH) ₃ · 0,25H ₂ O) / 2,7; гетит (FeO(OH)) / 2,3	оливин (MgFeSiO ₄), корунд (Al ₂ O ₃), пироп (Mg ₂ FeAl ₂ (SiO ₄) ₃), кальцит (CaCO ₃), брукит (Mg(OH) ₂), кальциевая слюда (Ca _{0,5} AlSi ₆ O ₁₁), рутил/анатаз (TiO ₂)
36	4_5_1 Ом	Андезитовый пироксен-плаггиоклазовый, пористый, средне-мелкопорфировый. Поры составляют 5–7%; наблюдается линейность в их расположении. Плаггиоклаз представлен кристаллами размером от менее 0,5 мм до 1, реже 2 мм; также как и в распределении пор, прослеживается линейность: кристаллы вытянуты по длинной оси. Встречены пироксены в виде удлиненных кристаллов (до 2 мм по длинной оси).	67,0	16,2	12,1	1,3	магнезит (MgCO ₃) / 1,6; берналит (Fe(OH) ₃ · 0,25H ₂ O) / 2,0	оливин (MgFeSiO ₄), корунд (Al ₂ O ₃), шпинель (MgAl ₂ O ₄), гроссуляр (Ca ₃ Al ₂ Si ₃ O ₁₂), волластонит (CaSiO ₃), кальцит (CaCO ₃), анапатит (Ca ₂ Fe(PO ₄) ₂ · 4H ₂ O), эпидот (Ca ₂ (Al,Fe) ₃ (Si ₂ O ₇)(SiO ₄)(OH) ₂), парогонит (NaAl ₃ (AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂), маргарит (CaAl ₂ (Si ₂ Al ₂)O ₁₀ (OH) ₂), мусковит (KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂), перовскит (CaTiO ₃), рутил/анатаз (TiO ₂)

Продолжение табл. 1

№ п/п	Номера проб, интервал отбора, м	Макроскопическое описание пород	Содержание минералов в породе, % (рентгенофазовый анализ)				Присутствуют/ отсутствуют/ единично присутствуют	
			Плагиоклаз	Кварц	Пироксены	Магнетит		
37	4_7_5 м	Андезитовый, с наличием плагиоклазов, с наличием пор до 7–10 %. Породы вытянуты в щель, выстраиваются в параллельные линии относительно друг друга. На фоне основной стекловатой массы преобладает плагиоклаз размером от долей до 3–4 мм по длинной оси. Пироксены темно-серого с зеленым оттенком цвета, имеют столбчатый облик, размер кристаллов до 2,5 мм.	71,5	8,3	13,6	1,6	оливин (MgFeSiO ₄) / 1,2; берналит (Fe(OH) ₃ ·0,25H ₂ O) / 3,8	корунд (Al ₂ O ₃), пирроп (Mg ₂ FeAl ₂ (SiO ₄) ₃), анапатит (Ca ₂ Fe(PO ₄) ₂ ·4H ₂ O), кальцит (CaCO ₃), магнезит (MgCO ₃), брукит (Mg(OH) ₂), парогонит (NaAl ₂ (Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂), мусковит (KAl(Mg _{0,2} Al _{0,8})(Al _{10,5} Si _{3,5} O ₁₀ (OH) ₂), морденит (Na ₈ (Al ₂ O ₃) ₈ (SiO ₂) ₁₅ ·25H ₂ O), гетит (Fe(OH)), перовскит (CaTiO ₃), рутил/анатаз (TiO ₂)
38	4_7_1 0м	Андезитовый, массивный, порфировый структуры. Плагиоклаз, вероятно, основного состава (лабрадор), посылку нередко наблюдается иризация. Размер кристаллов составляет от менее 0,5 до 2 мм. Встречены фенокристаллы пироксенов размером 1–2 мм; единично – оливин оливково-зеленого цвета, изометричный.	81,4	3,8	11,2	1,8	доломит (CaMg(CO ₃) ₂) / 2,1	оливин (MgFeSiO ₄), корунд (Al ₂ O ₃), шпинель (MgAl ₂ O ₄), флюорит (CaF ₂), берналит (Fe(OH) ₃ ·0,25H ₂ O), рутил/анатаз (TiO ₂)
39	4_12_5 м	Андезитовый, средне-крупнопорфировой структуры.	67,4	7,9	11,2	2,9	оливин (MgFeSiO ₄) / 5,3;	корунд (Al ₂ O ₃), пирроп (Mg ₂ Al ₂ (SiO ₄) ₃), гибшит (Ca ₃ Al ₂ Si ₂ O ₈ (OH) ₄),

40	4_12_1 0м	<p>Пористость – менее 5 %. Общее количество вкрапленников – около 60 %. Основная масса – полустекловатая; характерным является обилие порфировых вкрапленников платиоклаза размером до 3 мм; в кристаллах наблюдается зональность. Присутствуют пироксены, размером до 1–2 мм; единично – кристаллы темно-коричневого амфибола, листочки биотита.</p> <p>Андезитобазальт пироксен-платио-клазовый средне-мелкопорфировый, пористый. Поры (5–7 %) размером 0,1–1,0 мм различно ориентированы, равномерно распределены по всей породе. В основной массе преобладает платиоклаз в виде вкрапленников размером 0,5–1,0 мм; отмечается присутствие незначительного количества кристаллов пироксенов размером до 1,5 мм.</p> <p>Андезитобазальт пироксен-платиоклазовый, массивный, порфировой структуры. Преобладает платиоклаз размером от долей до 2 мм; в отдельных кристаллах наблюдается зональность. В незначительном количестве встречены пироксены – удлиненные кристаллы размером до 4 мм по длинной оси; единично – оливин.</p>	83,7	5,1	9,0	–	<p>андрадит (Ca₃Fe₂(SiO₄)₃) / 4,6; гематит (Fe₂O₃) / 0,9</p> <p>оливин (MgFeSiO₄) / 1,8</p>	<p>доломит (CaMg(CO₃)₂), шабазит (Ca₂Al₄Si₈O₂₄·12H₂O), берналит (Fe(OH)₃·0,25H₂O), рутил/анатаз (TiO₂)</p> <p>корунд (Al₂O₃), бруксит (Mg(OH)₂), мусковит (KAl₂(AlSi₃)O₁₀(OH)₂), сидерит (FeCO₃), гетит (FeO(OH)), магнетит (Fe₃O₄), титанит (CaTiOSiO₄), перовскит (CaTiO₃)</p>
41	4_21_5 м	<p>Пористость – менее 5 %. Общее количество вкрапленников – около 60 %. Основная масса – полустекловатая; характерным является обилие порфировых вкрапленников платиоклаза размером до 3 мм; в кристаллах наблюдается зональность. Присутствуют пироксены, размером до 1–2 мм; единично – кристаллы темно-коричневого амфибола, листочки биотита.</p> <p>Андезитобазальт пироксен-платио-клазовый средне-мелкопорфировый, пористый. Поры (5–7 %) размером 0,1–1,0 мм различно ориентированы, равномерно распределены по всей породе. В основной массе преобладает платиоклаз в виде вкрапленников размером 0,5–1,0 мм; отмечается присутствие незначительного количества кристаллов пироксенов размером до 1,5 мм.</p> <p>Андезитобазальт пироксен-платиоклазовый, массивный, порфировой структуры. Преобладает платиоклаз размером от долей до 2 мм; в отдельных кристаллах наблюдается зональность. В незначительном количестве встречены пироксены – удлиненные кристаллы размером до 4 мм по длинной оси; единично – оливин.</p>	59,0	15,7	19,7	–	<p>оливин (MgFeSiO₄) / 1,9; пироп (Mg₂FeAl₂(SiO₄)₃) / 1,7; андрадит (Ca₃Fe₂(SiO₄)₃) / 1,1</p>	<p>корунд (Al₂O₃), шпинель (MgAl₂O₄), иллит (KAl₂(Si₃Al)O₁₀(OH)₂), берналит (Fe(OH)₃·0,25H₂O), магнетит (Fe₃O₄), рутил (TiO₂)</p>

Продолжение табл. 1

№ п/п	Номера проб, интервал отбора, м	Макроскопическое описание пород	Содержание минералов в породе, % (рентгенофазовый анализ)				Присутствуют/ отсутствуют/ соотношение	Единично присутствуют
			Плагиоклаз	Кварц	Пироксены	Магнетит		
42	4_21_1 0м	Андезитбазальт пироксен-амфиболовый, порфировой структуры. Пористость составляет менее 5 %, поры нередко частично заполнены окислами гидроокислами железа. Преобладающий минерал – плагиоклаз, размеры кристаллов которого колеблются от долей до 2 мм, в основном составляя около 1 мм. В меньшем количестве присутствует пироксен, отдельные кристаллы которого достигают 4 мм.	78,1	7,9	10,2	1,0	оливин (MgFe-SiO ₄) / 2,4	пироп (Mg ₂ FeAl ₂ (SiO ₄) ₃), андрадит (Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃), анлаит (Ca ₂ Fe(PO ₄) ₂ ·4H ₂ O), эпидот (Ca(AlFe) ₃ (Si ₂ O ₇)(SiO ₄)(OH)), кальциевая слюда (Ca _{0,5} AlSi ₆ O ₁₁), гидросодалит (NaAlSi ₃ O ₈ ·1,3H ₂ O), флюорит (CaF ₂), магнезит (MgCO ₃), сидерит (FeCO ₃), гетит (FeO(OH)), рутил (TiO ₂)
43	4_15_5 м	Андезитбазальт пироксен-плагиоклазовый, порфировой структуры. Преобладают крупные кристаллы плагиоклаза; размером от долей до 3 мм. В значительном количестве встречаются пироксены в форме столбчатых кристаллов размером до 3 мм; единично – амфибол темно-коричневого цвета, в виде досчатых удлиненных кристаллов с занозистым изломом. Отмечается наличие пор (до 5 %), линейно вытянутых в одном направлении.	74,3	9,0	13,5	3,8	-	корунд (Al ₂ O ₃), кальциевая слюда (Ca _{0,5} AlSi ₆ O ₁₁), флюорит (CaF ₂), брукит (Mg(OH) ₂), рутил (TiO ₂)

44	4А_02 _5м	Андезитбазальт пироксен-платиоклазовый, средне-порфировый, на отдельных участках переходящий в мелко-порфировый. Основным минералом в породах является плагиоклаз, размер кристаллов которого колеблется от 0,5 до 1,5 мм. Присутствует пироксен: более крупные, чем плагиоклаз, фенокристы размером до 2 мм. Пустоты размером 1–2 мм составляют около 10 %; по форме они более-менее изометричны.	64,3	11,7	18,5	6,0	–	кальцевая слюда ($\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_6\text{O}_{11}$), флюорит (CaF_2), брукит ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), пьезонтит ($\text{Ca}_2(\text{Al}_2\text{Mn})(\text{SiO}_4)_3\text{OH}$), флогопит ($\text{KMg}_{2,5}(\text{Fe}_{0,25}\text{Al}_{1,25}\text{Si}_{2,5}\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), титанит (CaTiOSiO_4), рутил (TiO_2)
45	4А_02 _10м	Андезитбазальт пироксен-платиоклазовый, темно-серого цвета, средне-крупнопорфировый. Незначительная пористость – менее 1 %; поры разнообразно ориентированы, имеют разнообразную форму. Общее количество вкрапленников – около 60 %. Обильны вкрапленники плагиоклаза размером до 4 мм, присутствуют пироксены размером до 1–2 мм. Единично встречаются кристаллы амфиболов, оливин.	74,4	12,0	9,0	1,3	оливин (MgFeSiO_4) / 3,2	корунд (Al_2O_3), анапат ($\text{Ca}_2\text{Fe}(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), кальцевая слюда ($\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_6\text{O}_{11}$), натриевая слюда ($\text{NaAlSi}_6\text{O}_{11}$), флогопит ($\text{NaMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), морденит ($\text{Na}_8(\text{Al}_2\text{O}_3)_8(\text{SiO}_2)_{45} \cdot 25\text{H}_2\text{O}$), ильменит (FeTiO_3), перовскит (CaTiO_3), рутил (TiO_2).

104 Окончание табл. 1

№ п/п	Номера проб, интервал отбора, м	Макроскопическое описание пород	Содержание минералов в породе, % (рентгенофазовый анализ)				Единично присутствуют
			Плагиоклаз	Кварц	Пироксены	Магнетит	
46	5_5м	Андезитобазальт пестрой окраски: преимущественно серого цвета с бурыми пятнами, мелкопорфировый, пористый. Мелкие (<0,5–1 мм) многочисленные вкрапления плагиоклаза. Отмечается присутствие пироксенов; это кристаллы размером до 1 мм, удлиненные, черного цвета. Пористость составляет 10–15 %: поры равномерно рассеяны по всей породе, мелкие (0,5–1,5 мм), неправильной формы.	74,0	9,3	13,1	–	гетит (FeO(OH)) / 1,0; гематит (Fe ₂ O ₃) / 3,0 андрадит (Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃), гроссуляр (Ca ₃ (Al _{1,3} Fe _{0,7})Si ₃ O ₁₂), гибшит (Ca ₂ Al ₂ Si ₂ O ₈ (OH) _n), гидросодалит (Na _{0,3} K _{0,7} AlSiO ₄ ·1,3H ₂ O), флогопит (KMg ₃ (AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂), слюда (KFe ₃ (Al _{0,25} Fe _{0,75} Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂), магнетит (MgCO ₃), магнезит (Fe ₃ O ₄), вюстит (FeO), ильменит (FeTiO ₃), перовскит (CaTiO ₃), рутил (TiO ₂)
47	5_10м	Андезит (?) мелкопористый светло-серый. Количество пор составляет около 25 %. Поры мелкие – 0,5–1 мм. Порфировые вкрапления плагиоклаза размером 0,5, реже 1 мм. В незначительном количестве (относительно плагиоклаза) встречаются черные столбчатые кристаллы пироксена размером 1–1,5 мм.	75,2	8,1	15,4	–	гематит (Fe ₂ O ₃) / 1,7 оливин (MgFeSiO ₄), корунд (Al ₂ O ₃), шпинель (MgAl ₂ O ₄), андрадит (Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃), анапатит (Ca ₂ Fe(PO ₄) ₂ ·4H ₂ O), брукит (Mg(OH) ₂), доломит (CaMg(CO ₃) ₂), флюорит (CaF ₂), маргарит (CaAl ₂ (Si ₂ Al ₂)O ₁₀ (OH) ₂), фенит (K(Al _{2,5} Mg _{0,5} Si _{3,5} O ₁₀ (OH) ₂) монтмориллонит ((CaNa) _{0,3} Al ₂ (Si ₄)O ₁₀ (OH) ₂ ·xH ₂ O),

48	6_5м	Андезитобазальт средне-мелкопорфировый, имеет неравномерную окраску: на основном темно-сером фоне выделяются коричневато-бурые, грязно-бордовые и черные пятна (верхняя часть разреза?). На фоне нераскристаллизованной основной массы – плагиоклаз размером 0,5–1,5 мм; короткостолбчатые пироксены. Поры составляют около 15 %, разного размера и формы, редко объединены, вытянуты, размером от 5 мм до 2 см.	78,5	4,3	14,6	0,9	оливин (MgFe-SiO ₄) / 1,4	магнетит/магниеферрит (Fe ₃ O ₄ /MgFe ₂ O ₄), ильменит (FeTiO ₃), титанит (CaTiOSiO ₄), рутил (TiO ₂) корунд (Al ₂ O ₃), андрадит (Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃), магнезит (MgCO ₃), флюорит (CaF ₂), гидроксопатит (Ca(PO ₄) ₃ OH), маргарит (CaAl ₂ (Si ₂ Al ₂)O ₁₀ (OH) ₂), мусковит (KA ₂ (AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂), гидробийотит (KMgAlSi ₂ O ₇ ·H ₂ O), кальциевая слюда (Ca _{0,5} AlSi ₃ O ₁₁), фенгит (K(A _{2,75} Si _{3,25} O ₁₀ (OH) ₂), гидросодалит (KAlSi ₃ O ₈ ·1,3H ₂ O), пектолит (Ca ₂ NaH(SiO ₃) ₃), морденит (Na ₈ (Al ₂ O ₃) ₈ (SiO ₂) ₄₅ ·25H ₂ O), гетит (FeO(OH)), рутил/анатаз (TiO ₂)
49	6_10м	Андезитобазальт пироксен-плагиоклазовый, средне-мелкопорфировый, мелкопористый. В основной массе преобладает плагиоклаз в виде вкрапленников размером 0,5–1,0 мм, менее распространены кристаллы пироксенов размером до 1,5 мм. Пустоты размером 0,5–1,5 мм различно ориентированы, равномерно распределены по всей породе, не заполнены.	82,1	5,8	12,6	–	–	оливин (MgFeSiO ₄), пироп (Mg ₂ FeAl ₂ (SiO ₄) ₃), анапатит (Ca ₂ Fe(PO ₄) ₂ ·4H ₂ O), кальцит (CaCO ₃), брукит (Mg(OH) ₂), флюорит (CaF ₂), кальциевая слюда (Ca _{0,5} AlSi ₃ O ₁₁), эпидот (Ca ₂ (Al _{1,25} Fe _{0,75})(SiO ₄) ₃ (OH)), парогонит (NaAl ₂ (AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₂), шабазит (CaAl ₂ (SiO ₃) ₄ ·6,5H ₂ O), ярозит (KFe ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆), магнетит (Fe ₃ O ₄), гетит (FeO(OH)), титанит (CaTiOSiO ₄), рутил/анатаз (TiO ₂).

андезитами, базальтами пироксен-плагиоклазового состава, реже туфами. Подобные образования характерны для верхней части разреза. Они пестроокрашенные: преобладают темно-серые, серые, розовато-серые, бордово-красные (за счет «ожелезнения») цвета; для андезибазальтов и андезитов характерна порфировая (от мелко- до крупнопорфировой), иногда псевдобрекчиевая структура, для базальтов – афирровая.

Результаты рентгенофазового анализа минерального состава исследованных проб и их макроскопическое описание приведены в табл. 1.

Основными минералами пород являются плагиоклаз, кварц, пироксены, магнетит. Плагиоклаз представлен, в основном, анортитом ($\text{Na}_{0,5}\text{Ca}_{0,5}\text{Al}_{1,5}\text{Si}_{2,5}\text{O}_8$). Из минералов, отвечающих по составу кремнезему (SiO_2), встречены α -кварц, β -кварц. Минералы группы магнетита входят в состав породы как в виде собственно магнетита (Fe_3O_4), так и титаномагнетита ($\text{Fe}(\text{Fe},\text{Ti})_2\text{O}_4$), магнеферрита (MgFe_2O_4). В породах присутствуют также различные минералы трехвалентного железа: гетит ($\text{FeO}(\text{OH})$), гематит (Fe_2O_3), берналит ($\text{Fe}(\text{OH})_3$; $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot 0,25\text{H}_2\text{O}$), лепидокрокит ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), ярозит ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$). В незначительных количествах диагностируются оливин, слюды, эпидот, рутил, титанит, шпинель и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашкевич Р.И. и др. Отчет о научно-исследовательской работе: «Исследование геотермальных ресурсов Авачинской группы вулканов, полуостров Камчатка, Камчатский край». Фонды НИГТЦ ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 2015, в 3-х тт., 787 с.

2. Пашкевич Р.И., Попов Е.Ю., Савельев Е.Г., Ромушкевич Р.А., Павлов К.А. Экспериментальные исследования тепловых свойств пород Авачинской геотермальной системы, Камчатка // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2», 2015, С. 7–23.

3. POXL-2.Version 2.2.10.

4. PDF-2 Release 2012. Software version: 4.12.3.3. Database version: 2.1202. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Пашкевич Роман Игнатьевич – доктор технических наук, директор, nigt@kscnet.ru,

Таранов Сергей Рудольфович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
Кунгурова Валентина Егоровна – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный работник,
Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук.



UDC 553.08

ROCKS COMPOSITION OF THE ALLOTMENT OF AVACHA GEOTHERMAL SYSTEM

Pashkevich R.I., Doctor of Technical Sciences, Director, pashkevich@kscnet.ru, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia,

Taranov S.R., Candidate of Technical Sciences, Senior Research Associate, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia,

Kungurova V.Ye., Candidate of Geological-Mineralogical Sciences, Leading Researcher, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia,

X-ray phase analysis (by the method of corundum number) of the samples given from the drill-hole cores at the south part of Avacha geothermal system was carried out. Petrographic composition of the rocks is presented by porous plagioclase-pyroxene andesite-basalts, basalts, andesites, rare tuffs. Main minerals groups which rocks are consisted of were determined: feldspars, pyroxene, silica (mainly quartz), magnetite is often present.

Key words: Avacha geothermal system, X-ray phase analysis, corundum number method, plagioclase-pyroxene andesite-basalts.

REFERENCES

1. Pashkevich R.I., i dr. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote: «Issledovanie geotermalnykh resursov Avachinskoy gruppi vulkanov, poluostrov Kamchatka, Kamchatskiy kray»* (Report about scientifically-research work: «Investigation of geothermal resources of the Avachinsky group of volcanoes, Kamchatka Peninsula, Kamchatka Krai»). Fondy NIGTC DVO RAN, Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2015, v 3-h t., 787 p.

2. Pashkevich R.I., Popov E.Yu., Savelyev E.G., Romushkevich R.A., Pavlov K.A. *Ekspperimentalnyye issledovaniya teplovykh svoystv porod Avachinskoy geotermalnoy sistemy. Kamchatka* (Experimental investigation of thermal properties of rocks of the geothermal system Avacha, Kamchatka) // GIAB № 11. Spetsialnyy vypusk № 63 «Kamchatka-2». 2015. pp. 7–23.

3. POXL-2.Version 2.2.10.

4. PDF-2 Release 2012. Software version: 4.12.3.3. Database version: 2.1202.