

УДК 551.21.032

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЗАПАДНОГО ФРАГМЕНТА СКЛАДЧАТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
ВУЛКАНА МОЛОДОЙ ШИВЕЛУЧ

*А.В. Шевченко<sup>1</sup>, А.П. Максимов<sup>1</sup>, В.Н. Двигало<sup>1</sup>, И.Ю. Свирид<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-  
Камчатский, 683006; e-mail: shevchenko@kscnet.ru*

<sup>2</sup>*Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга,  
Петропавловск-Камчатский, 683032*

В результате обработки аэрофотоснимков Л.Б. Дмитриева и Г.С. Штейнберга, полученных 17 ноября 1964 г., построена цифровая модель рельефа западного открытого участка складчатых отложений вулкана Шивелуч, подстилающих отложения грубообломочной лавины извержения 12 ноября 1964 г. Определены морфометрические характеристики исследуемого фрагмента, произведено описание морфологии складок. Кроме того приведены результаты полевых работ, проведенных 13 сентября 2015 г. на обнажении складчатых отложений в русле р. Каменской. На основе петрологического анализа отобранных образцов дана интерпретация генезиса двух наиболее репрезентативных слоев, выделенных в складчатых отложениях.

### **Введение**

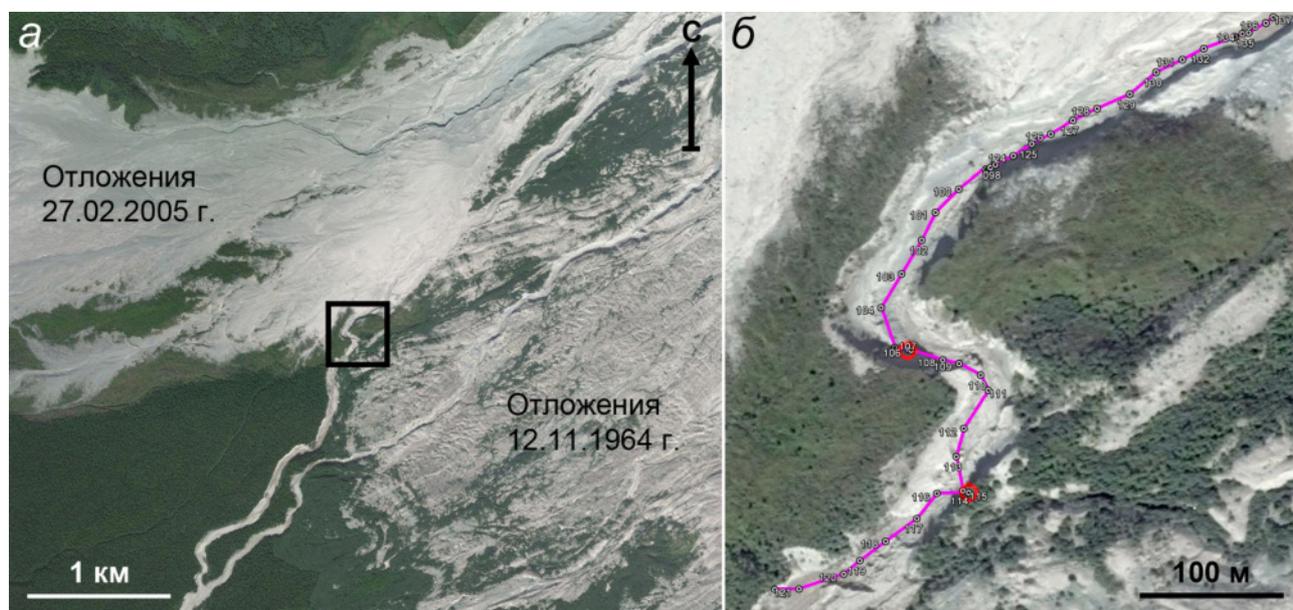
12 ноября 1964 г. на вулкане Молодой Шивелуч произошло катастрофическое извержение, сопровождавшееся обрушением постройки массива из нескольких лавовых куполов [1, 2]. В результате этого события грубообломочные отложения покрыли южный сектор подножия вулкана площадью 104 км<sup>2</sup> [3]. 17 ноября 1964 г. сотрудниками Института вулканологии Л.Б. Дмитриевым и Г.С. Штейнбергом была выполнена аэрофотосъемка части поля отложений грубообломочных лавин. В процессе дешифрирования данных снимков были обнаружены несколько открытых участков складчатых отложений неясного происхождения, подстилающих отложения 1964 г. [3, 6]. Наиболее крупные из них располагаются в восточном секторе поля отложений и в центральной его части, кроме того несколько небольших фрагментов отмечено в западном секторе. Ранее предполагалось, что складки образовались в 1964 г. под действием надвига обвальных масс на подстилающую поверхность [5, 7]. Однако детальное изучение морфологии складчатых отложений, а также фронтальных частей грубообломочной лавины 1964 г. по аэрофотоснимкам показало, что складки были сформированы задолго до обрушения [3, 6]. В настоящей работе приведены предварительные данные, полученные в результате геолого-фотограмметрических исследований западного фрагмента складчатых отложений.

### **Морфология западного фрагмента складчатых отложений**

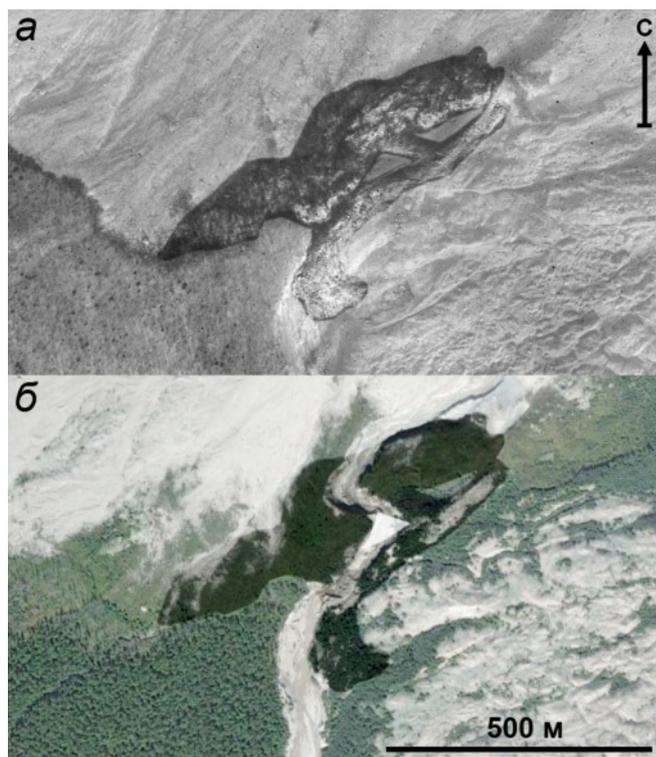
Западный фрагмент складчатых отложений расположен на пересечении фронта обвальной лавины 1964 г. с участком, на котором впоследствии сформировалось современное русло

р. Каменской (рис. 1а). В.В. Пономарева и др. [7], впервые рассматривая данный фрагмент, отмечают его сходство с восточным участком складчатых отложений, который интерпретируется как результат надвига обвальной лавины на подстилающую поверхность [5, 7], но в то же время указывают на подобие складок-холмов западного фрагмента фронту предшествующей обвальной лавины. По данным [7] отложения западного фрагмента являются толщей грубообломочной лавины 1430 г.

Морфология исследуемого фрагмента в первоначальном виде представлена на плановом аэрофотоснимке от 17 ноября 1964 г. (рис. 2а), а также на трехмерной визуализации цифровой модели рельефа (ЦМР), построенной на эту дату (рис. 3). Максимальные размеры фрагмента – 720×250 м. С СЗ фрагмент представляет собой участок складчатой области, к которому примыкает, повторяя его очертания, фронт обвальной лавины 1964 г. Таким образом, данный участок, скорее всего, является фронтом предшествующей лавины. С ЮВ к нему примыкают два жгутообразных вала с относительно ровной поверхностью, один из которых расположен субпараллельно складчатому участку, второй находится между ними субперпендикулярно их простиранию. Поверхность СЗ фрагмента покрыта растительностью возрастом около 100 лет, на валах растительность отсутствует. Приведем максимальные размеры и мощности перечисленных участков отложений: СЗ участок – 720×140 м, 20 м; ЮВ вал – 645×114 м, 14 м; поперечный вал – 97×10 м, 18 м. Исследуемый фрагмент выступает выше поверхности фронта обвальной лавины 1964 г. Очевидно, что лавина столкнулась с выступающими складками и валами данного фрагмента и обогнула его с двух сторон.



**Рис. 1.** Положение западного фрагмента складчатых отложений на изображении Google Earth, 2014 г. (а); маршрут проведенных 13 сентября 2015 г. полевых работ (б), красными кругами выделены представленные на рис. 4 разрезы.



**Рис. 2.** Западный фрагмент складчатых отложений (выделен контрастностью): а – фото Л.Б. Дмитриева и Г.С. Штейнберга, 17 ноября 1964 г.; б – изображение Google Earth, 2014 г.

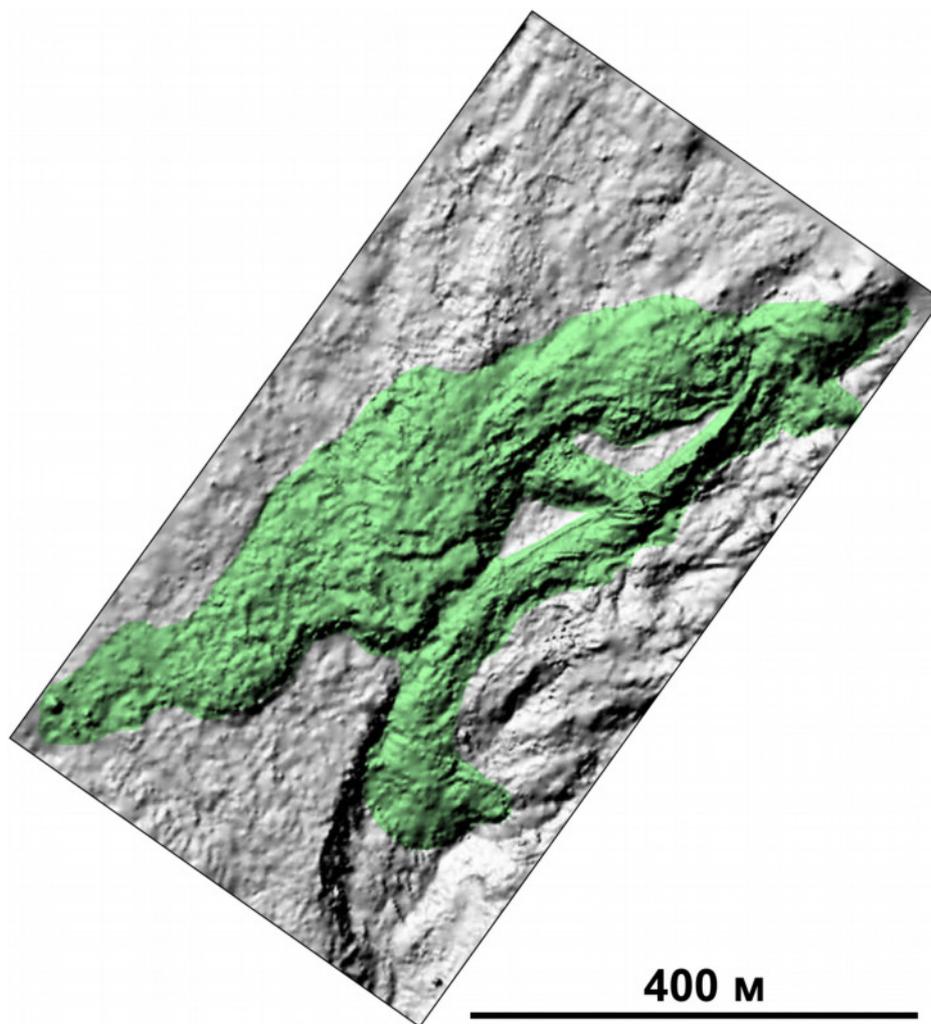
### Полевые наблюдения

В настоящее время исследуемый складчатый фрагмент рассечен руслом р. Каменской вкрест простиранию складок СЗ участка (рис. 2б). В ходе полевых работ, проведенных 13 сентября 2015 г., был пройден маршрут вдоль этого фрагмента и отобраны образцы из толщи складчатых отложений. Протяженность маршрута (рис. 1б) вдоль разреза – 650 м. Координаты маршрута и пункта отбора образцов были зафиксированы посредством GPS навигатора.

Были изучены два разреза средней мощностью около 6 м: разрез СЗ участка складчатых отложений на изгибе русла (рис. 4а) и разрез продольного жгутообразного вала ниже по течению (рис. 4б). Обе толщи представлены рыхлыми вулканогенными отложениями: заполнителем (песком средне-крупнозернистым) с обломками того же облика. В разрезах можно выделить несколько слоев. Границы между слоями неровные, с многочисленными карманами, мощность слоев невыдержана, заметно варьирует. В первом разрезе наибольший интерес представляют два последовательно залегающих слоя (рис. 4а, рис. 5):

- 1) слой 1А сложен однородным светло-серым заполнителем с окатанными обломками того же цвета размером до 4 см, мощность ~ 20 см – 2 м;
- 2) слой 2А неоднороден по цвету, от светло-серого до рыже-бурого, но преобладает охристо-бурый крупнозернистый песок с обломками того же облика размером до 10 см, мощность слоя около 3 м.

Данные слои прослеживались на протяжении маршрута вдоль всего СЗ участка. При наблюдении с противоположного берега русла р. Каменской на поверхности разреза ясно про-



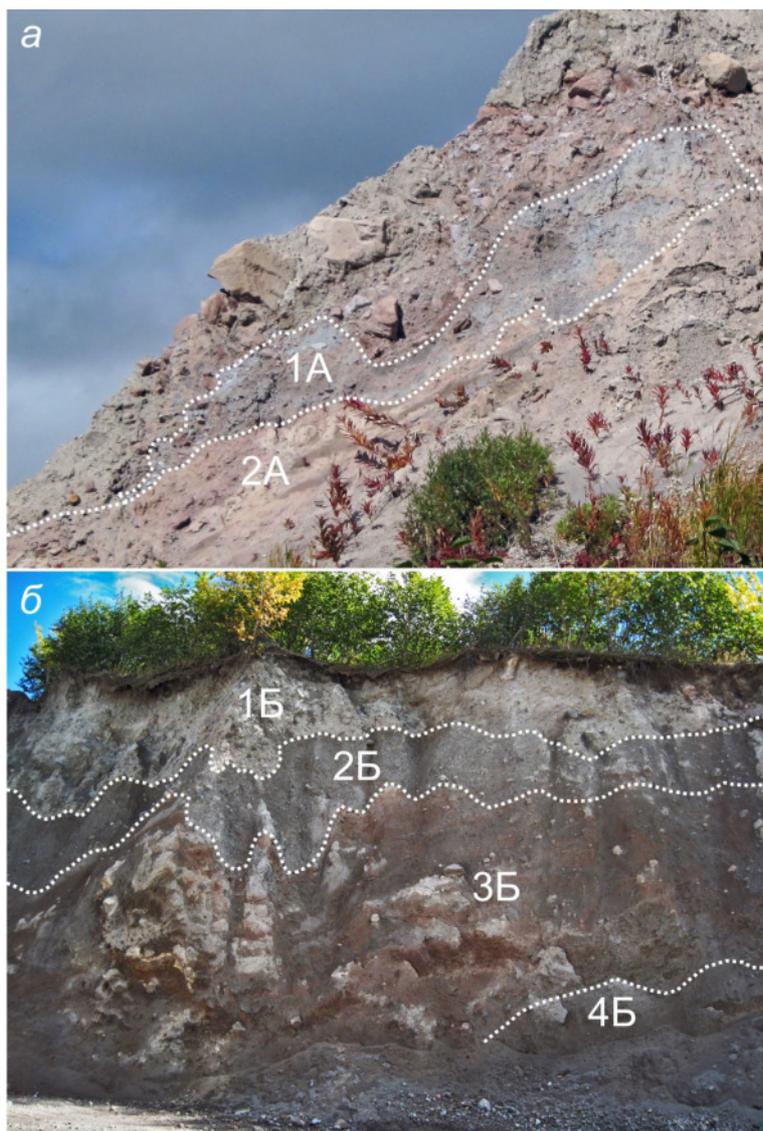
**Рис. 3.** Визуализация ЦМР западного фрагмента складчатых отложений.

слеживаются складки, верхние слои залегают в основном согласно складкам, что может указывать на смятие поверхности уже после отложения материала.

На следующем разрезе (рис. 4б) сверху вниз можно выделить четыре основных слоя, сложенных четырьмя макроскопически выделенными типами отложений:

- 1) слой 1Б сложен однородным светло-бежевым заполнителем с крупными обломками (до 1 м) рыже-бурого цвета, мощность слоя 1–2 м;
- 2) слой 2Б сложен однородным серым заполнителем с обломками того же цвета размером до ~ 15 см, мощность ~ 50 см – 1,5 м;
- 3) слой 3Б – рыже-бурого цвета с такими же обломками размером до ~ 20 см, мощность слоя 2–4 м;
- 4) слой 4Б – цвет серый, слегка буроватый, обломки окатанные, до 4 см, облик отложений однородный.

Слои 1Б, 2Б и 3Б имеют четкую границу, в то время как 3Б и 4Б местами перемежаются.



**Рис. 4.** Разрезы западного фрагмента складчатых отложений в русле р. Каменской: а – разрез СЗ участка: 1А – светло-серые отложения обвально-пирокластической лавины, 2А – отложения обвальной лавины рыже-бурого цвета; б – разрез жгутообразного вала: 1Б – светло-бежевые отложения со включениями крупных обломков, 2Б – серые отложения с окатанными обломками, 3Б – неоднородные отложения от светло-серого до рыже-бурого цвета, 4Б – буровато-серые отложения с окатанными обломками. Положения разрезов показаны на рис. 1б.

### О составе и характере материала складок

Для понимания механизма формирования описываемых образований важно выяснить генетическую природу материала складок. С этой целью были изучены характеристики вещественного состава материала отобранных образцов слоев 1А и 2А отложений СЗ участка (рис. 5).

Как отмечено выше, обломки в заполнителе слоев макроскопически различаются по цвету, максимальному размеру и степени окатанности. Тем не менее, визуально они представляют один тип породы, различаясь только степенью окисленности. Все породы мелкопористы. Под бинокляром в порах не наблюдаются стекловатые нити, характерные для андезитов пирокластических потоков [4].



Рис. 5. Слои СЗ участка в пункте отбора образцов (56°32'48.4" с.ш., 161°11'14.2" в.д.): 1А – светло-серые отложения обвально-пирокластической лавины, 2А – отложения обвальной лавины рыже-бурого цвета.

На рис. 6 представлены результаты гранулометрического анализа песчаной фракции заполнителя (<2 мм) этих слоев. В целом можно отметить общее сходство распределения слоев по размерности в интервале от 0,063 до 2 мм: симметричное одномодальное распределение с максимумом для размерности 0,25–0,5 мм. Для слоя 1А наблюдается второй максимум в области <0,063 мм.

По химическому составу слои идентичны и отвечают типичным островодужным известково-щелочным среднекалиевым андезитами, обычным для вулкана Шивелуч.

В шлифах из обломков двух слоев изучены петрографические особенности отложений. Породы представлены роговообманковыми андезитами. Структура пород резко порфировая с преобладанием крупных вкрапленников плагиоклаза и роговой обманки. Также присутствуют вкрапленники гиперстена, субфенокристы плагиоклаза и магнетит. Основная масса представляет собой мелкокристаллический агрегат с незначительной долей стекла. Основные различия между породами заключаются в степени сохранности роговой обманки и облике основной массы.

В слое 2А роговая обманка сильно изменена до темно-красной с мощными опацитовыми каймами, часто почти полностью замещена черным, непрозрачным агрегатом; основная масса темно-серая, почти черная, сильно запылена мелким рудным минералом. В слое 1А зерна роговой обманки практически нацело превращены в черный опацитовый агрегат, однако

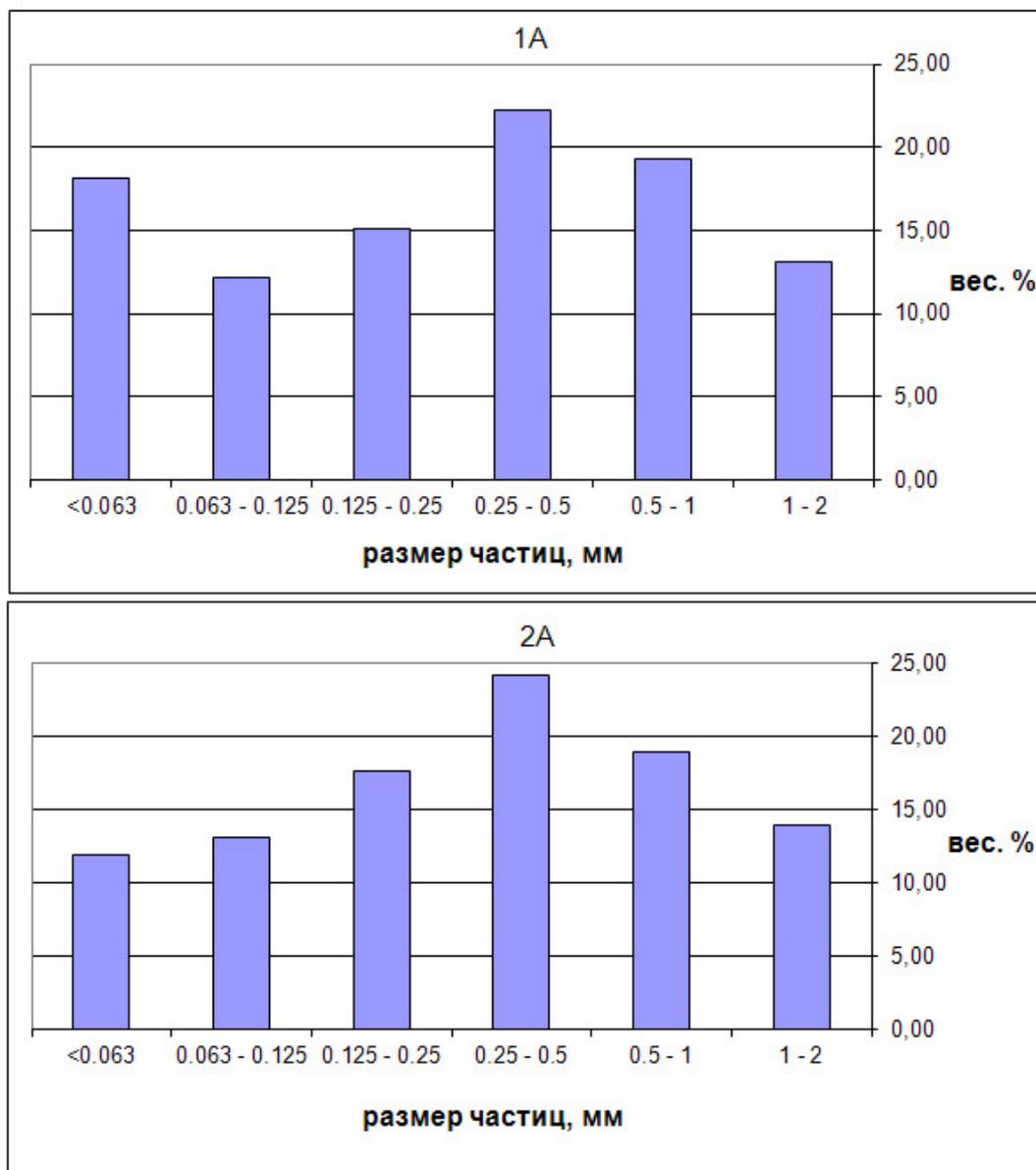


Рис. 6. Гранулометрический состав заполнителя отложений. Номера диаграмм соответствуют номерам слоев СЗ участка, как описано в тексте.

основная масса светлая, слегка бурая, с небольшой долей чистого бесцветного стекла. Таким образом, степень сохранности роговой обманки снижается от слоя 2А к слою 1А. В тоже время, основная масса в слое 1А наименее окислена.

Наличие вкрапленников роговой обманки при значительной доле основной массы говорит о кристаллизации вкрапленников этих пород на глубинах не менее 7-10 км. В то же время, высокая кристалличность основной массы и распад роговой обманки, которая при низких давлениях неустойчива и разлагается, указывает на то, что последний этап формирования пород происходил вблизи поверхности и этот этап не был кратковременным, как происходит при быстрых извержениях пирокластических потоков. От пирокластических потоков породы

толщи отличает и отсутствие нитей стекла в порах. От вязких лавовых выжимок завершающих формирование экструзивных куполов данные породы отличаются меньшей степенью окисленности и преобладанием вкрапленников роговой обманки среди темноцветных.

Отсюда можно заключить, что данные слои сложены продуктами разрушения экструзивного купола (-ов), а имеющиеся различия вызваны условиями становления разных порций одной и той же магмы на поверхности.

Слой 2А отличается более крупной размерностью обломков и их меньшей окатанностью, большей окисленностью породы в целом, отсутствием пика для наиболее тонкой фракции заполнителя на гранулометрической диаграмме, сильной степенью разрушения роговой обманки, запыленностью основной массы магнетитом при очень низкой доли остаточного стекла – все это предполагает, что этот слой – результат разрушения внешней жесткой части купола. Это можно заключить и по бурому облику породы, характерному для внешних частей куполов, непосредственно контактирующих с атмосферой.

Слой 1А однородным светло-серым цветом внешне напоминает отложения пирокластических потоков, с которыми его сближает и наличие небольшого максимума в области  $< 0,063$  мм на диаграмме распределения частиц заполнителя по размерности. Однако указанные выше петрографические особенности позволяют отнести и эти отложения к продуктам разрушения экструзивного купола, причем его внутренних частей. Об этом говорит меньшая степень окисленности породы, в том числе ее основной массы, практически полное разрушение роговой обманки и присутствие заметной доли пылеватой фракции в заполнителе. Вероятно, внутренние части купола достаточно долго сохраняли высокую температуру и часть летучих, что обеспечило определенную роль автоэксплозивности в ходе обрушения купола. С этим предположением согласуется лучшая окатанность обломков и их меньшая размерность по сравнению с отложениями слоя 2А.

### **Заключение**

В результате проведенных геолого-фотограмметрических работ были получены предварительные данные по морфологии и природе материала западного фрагмента складчатых отложений, которые позволили прояснить некоторые особенности их формирования. Согласно [7], данные отложения связаны с одноактным событием – сходом грубообломочной лавины 1430 г. Однако в ходе полевых наблюдений были выделены слои отложений, связанные с несколькими лавинами. Судя по залеганию слоев, обломочные лавины могли следовать непосредственно друг за другом без существенных промежутков во времени, например, являться следствием обрушений различных секторов экструзивного купола.

Вопрос механизма образования складчатого рельефа на поверхности отложений, подстилающих отложения 1964 г., по-прежнему остается не раскрытым. Для его решения необходимо провести геологические работы на наиболее репрезентативном фрагменте – языковидном выступе в центральной части поля отложений.

Авторы выражают благодарность начальнику Ключевской вулканостанции Юрию Владимировичу Демянчуку за помощь в организации полевых работ.

### Список литературы

1. Белоусов А.Б., Белоусова М.Г. Извержение вулкана Шивелуч в 1964 г. (Камчатка) – плиннианское извержение, предварявшееся крупномасштабным обрушением постройки // Вулканология и сейсмология. 1995. № 4–5. С. 116-126.
2. Горшков Г.С., Дубик Ю.М. Направленный взрыв на вулкане Шивелуч // Вулканы и извержения. 1969. С. 3-37.
3. Двигало В.Н., Шевченко А.В. Новые данные о катастрофических извержениях вулкана Шивелуч 1964 и 1854 гг. по результатам фотограмметрических исследований // Тезисы докладов XVIII Традиционной региональной научной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский, 2015. С. 26-29.
4. Максимов А.П., Фирстов П.П., Гирина О.А., Малышев А.И. Извержение вулкана Безымянный в июне 1986 г. // Вулканология и сейсмология. 1991. № 1. С. 3-20.
5. Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирсанова Т.П. и др. 300 лет жизни камчатских вулканов: Молодой Шивелуч (анализ динамики и последствий эруптивной активности в XVII-XX вв.). Часть I. 1650–1964 гг. // Вулканология и сейсмология. 2003. № 5. С. 3-19.
6. Шевченко А.В. Фотограмметрическое исследование фрагмента складчатого слоя на южном склоне вулкана Молодой Шивелуч // Материалы XIV Региональной молодежной научной конференции «Природная среда Камчатки». Петропавловск-Камчатский, 2015. С. 95-104.
7. Ponomareva V.V., Pevzner M.M., Melekestsev I.V. Large debris avalanches and associated eruptions in the Holocene eruptive history of Shiveluch Volcano, Kamchatka, Russia // Bull. of Volcanol. 1998. 59. P. 490-505.