

---

*В. В. Куликова, В. С. Куликов*

## **ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДОКЕМБРИЙСКОГО ФУНДАМЕНТА ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «КИВАЧ»**

Заповедник, созданный в 1931 г. на территории Центральной Карелии между крупными озерами Сундозеро, Мунозеро, Пертозеро и долиной р. Суны и получивший название «Кивач» (рис. 1), в геологическом плане с тех пор детально не изучался из-за ограничений соответствующего законодательства по охране природы. Специальные публикации по геологии территории заповедника отсутствуют, хотя в 1948 г. в его восточной части была проведена геологическая съемка м-ба 1 : 200 000 (В. А. Перевозчикова), а в 1950 г. в западной части – м-ба 1 : 25 000 (С. И. Зак). В 1958 г. А. М. Савиной составлена государственная геологическая карта СССР м-ба 1 : 200 000 (лист Р-36-ХVI) и объяснительная записка к ней (авторы В. В. Яковлева и А. М. Савина). Спустя 30 лет в 1988 г. Е. М. Михайлюк составила Структурно-тектоническую карту Онежской структуры м-ба 1 : 200 000, на которой была максимально учтена имевшаяся к тому времени геологическая информация, в том числе и по территории заповедника. Однако в перечисленных работах полностью отсутствует описание конкретных геологических объектов.

За последние 10 лет авторам удалось при содействии руководства заповедника, соблюдая соответствующие правила, собрать эксклюзивные геологические материалы и составить новый вариант геологической схемы. Вулканогенные и осадочные породы, развитые в заповеднике, ранее объединялись в три свиты среднего, а ныне палеопротерозоя (от древних к молодым): туломозерскую, заонежскую и суйсарскую (Яковлева, Савина, 1962). Туломозерская свита, сложенная в основном карбонатными породами, обнажается в северной части заповедника. За его пределами детальные описания разрезов этой свиты выполнены рядом исследователей, в том числе В. А. Соколовым, Р. М. Бутиным, В. В. Макарихиным, Г. М. Кононовой и др. В опубликованных работах по вулканизму Онежской структуры (Голубев, Светов, 1983; Суйсарский..., 1999 и др.) нет сведений о строении других свит, развитых на рассматриваемой территории. Четвертичная геология и геоморфология заповедника были освещены в специальном отчете А. Д. Лукашова и В. А. Ильина, а также в работе И. Н. Демидова с

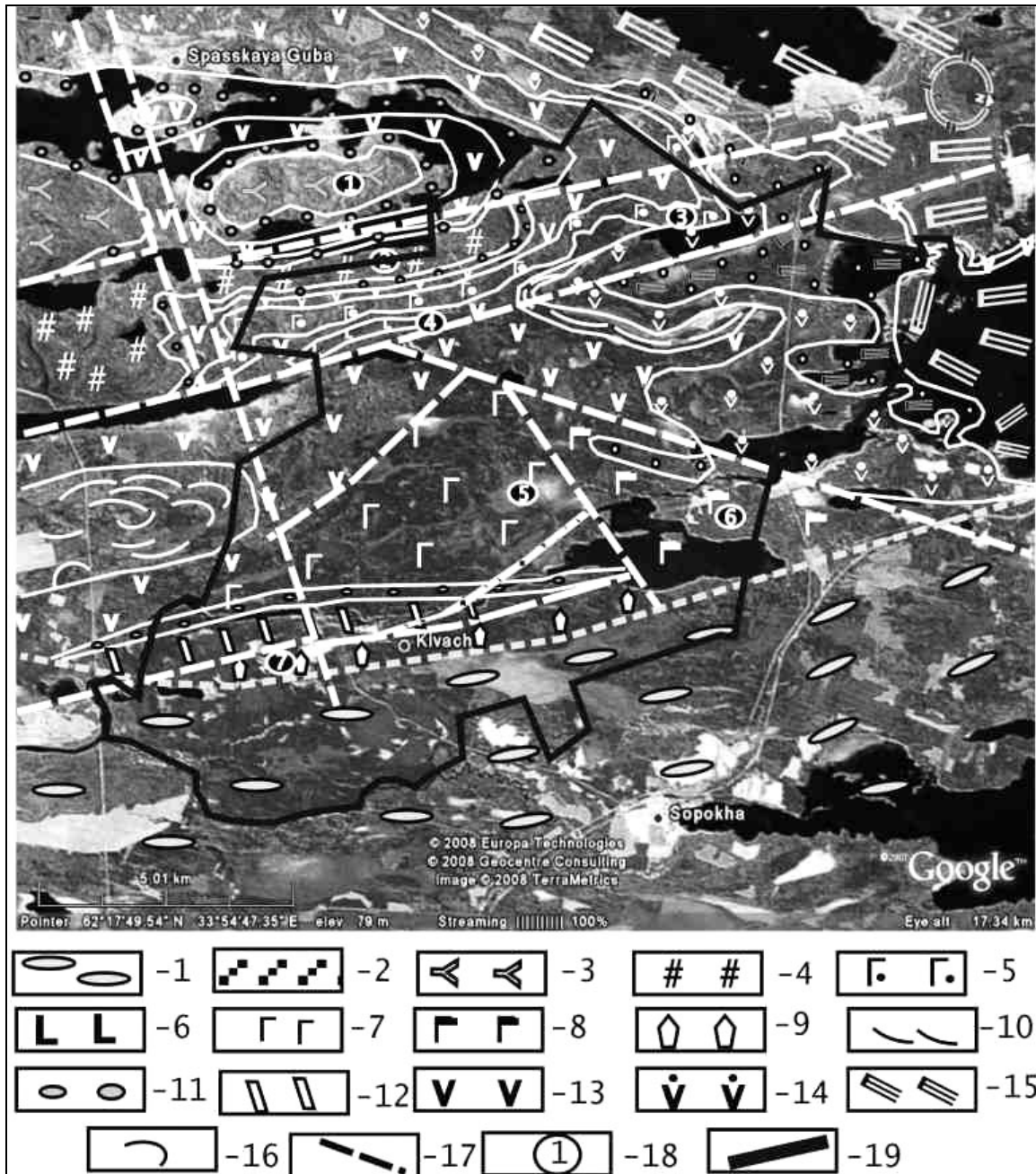
соавторами (2006). В настоящей статье на основе проведенных авторами картировочных работ в 90-е гг. XX в. с использованием материалов современных геофизических исследований, дешифрирования космических съемок (Google Earth, 2007–2008) дается новая интерпретация геологического строения территории с выделением тектонических структур, а также характеристика вещественного состава магматитов, являющихся в районе доминирующими.

### **Тектоника**

Территория заповедника «Кивач» (см. рис. 1) приурочена к западной части крупной палеопротерозойской Онежской структуры на Карельском кратоне (Geological map..., 2001) и до последнего времени оставалась слабо изученной. В то же время она отличается хорошей сохранностью осадочных и вулканогенных пород с предпологаемым палеопротерозойским возрастом от 2,2 до 1,7 млрд лет.

В структуре заповедника на фоне мощной дизъюнктивной тектоники авторами впервые выделено более 7 чередующихся синклиналильных и антиклиналильных структур преимущественно ССЗ простирания, для которых характерна ундуляция шарниров (рис. 2).

Основная антиклиналильная структура Гимойлампи протягивается в СЗ направлении от оз. Пертозеро к оз. Гимойлампи и далее вдоль СВ побережья оз. Гебозеро в Руокогубу оз. Сундозеро, а в западной части территории осложнена СЗ, меридиональными и СВ разломами. ЮЗ ее крыло прослеживается вдоль СВ берега оз. Мунозеро и падает на ЮЗ под углами 10–40°, переходя к западу в Мунозерскую синклиналиль. Кивачская антиклиналиль установлена на правом берегу р. Суны, где ее СВ крыло прослеживается на участке от оз. Пандозеро до устья р. Сандалки с падением на ВСВ под углами от 10° (на С) до 60° (на Ю). Далее к востоку оно переходит в Сандальскую синклиналиль. Менее отчетливо из-за слабой обнаженности проявлена Чуургубская антиклиналиль в центре заповедника. Синклиналильная структура с ядром из терригенных пород намечается на СВ побережье оз. Пертозеро.

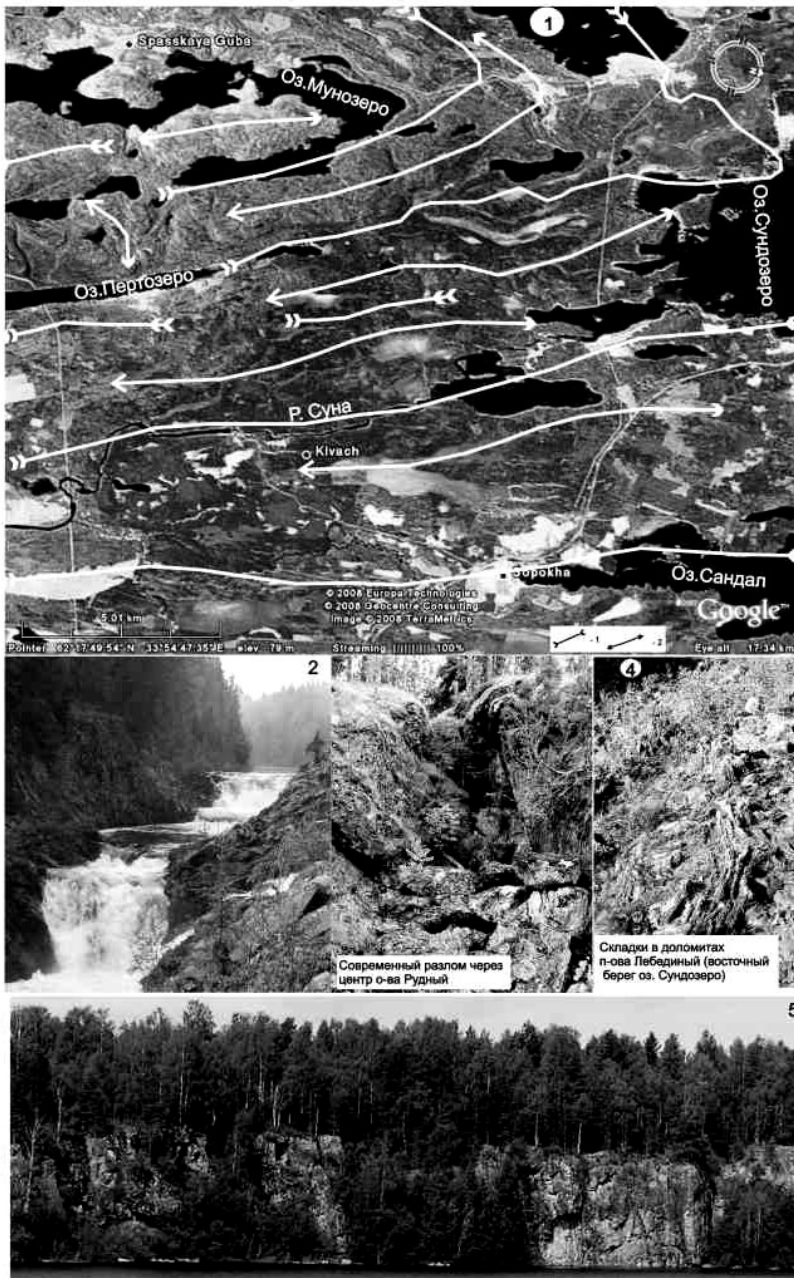


**Рис. 1.** Схема геологического строения территории заповедника «Кивач» (составили В. С. Куликов и В. В. Куликова, 2007 г.):

1 – четвертичные образования. Палеопротерозой. 2 – «приреченские брекчии» (вне масштаба); 3–9 – мафитовые и ультрамафит-мафитовые интрузивы: 3 – Улькаевский (1), 4 – Лаголампи (2), 5 – Гебозерский (3), 6 – Рагуйлампи (4), 7 – Правобережный (5), 8 – Шушки (6), 9 – Левобережный (7). 10 – песчаники и сланцы; 11 – аргиллиты, алевролиты, кривозериты, туффзиты, сланцы, в том числе шунгитовые, кремнистые и др.; 12 – лавовый покров Водопадный; 13 – нерасчлененные базальты и долериты; 14 – базальты и долериты с повышенной глиноземистостью; 15 – карбонаты, в том числе доломиты (магнезиты) со строматолитами. 16 – границы пород; 17 – основные разломы; 18 – номера интрузивов здесь и рис. 6 (в кружках); 19 – границы заповедника

Последниковая дизъюнктивная тектоника находит свое отражение в характере расчлененного рельефа в виде многочисленных ущелий, резких перепадов высот, а также на отдельных обнаженных участках присутствием тектонических брекчий, глинок трения, зеркал скольжения. Разломы разных направлений и возраста обусловили рисунок гидрографической сети и расположение ряда озер на разных гип-

сометрических уровнях. Это обстоятельство весьма осложняет выделение и прослеживание на местности отдельных геологических тел. Существенное влияние на ландшафты и общую геологическую картину оказывает сеть разломов – «клавишей» СВ направления. Однако генеральное СЗ направление больших форм: р. Суна и ее притоки, оз. Сундозеро и др. – отчетливо прослеживается и поддается дешифрирова-



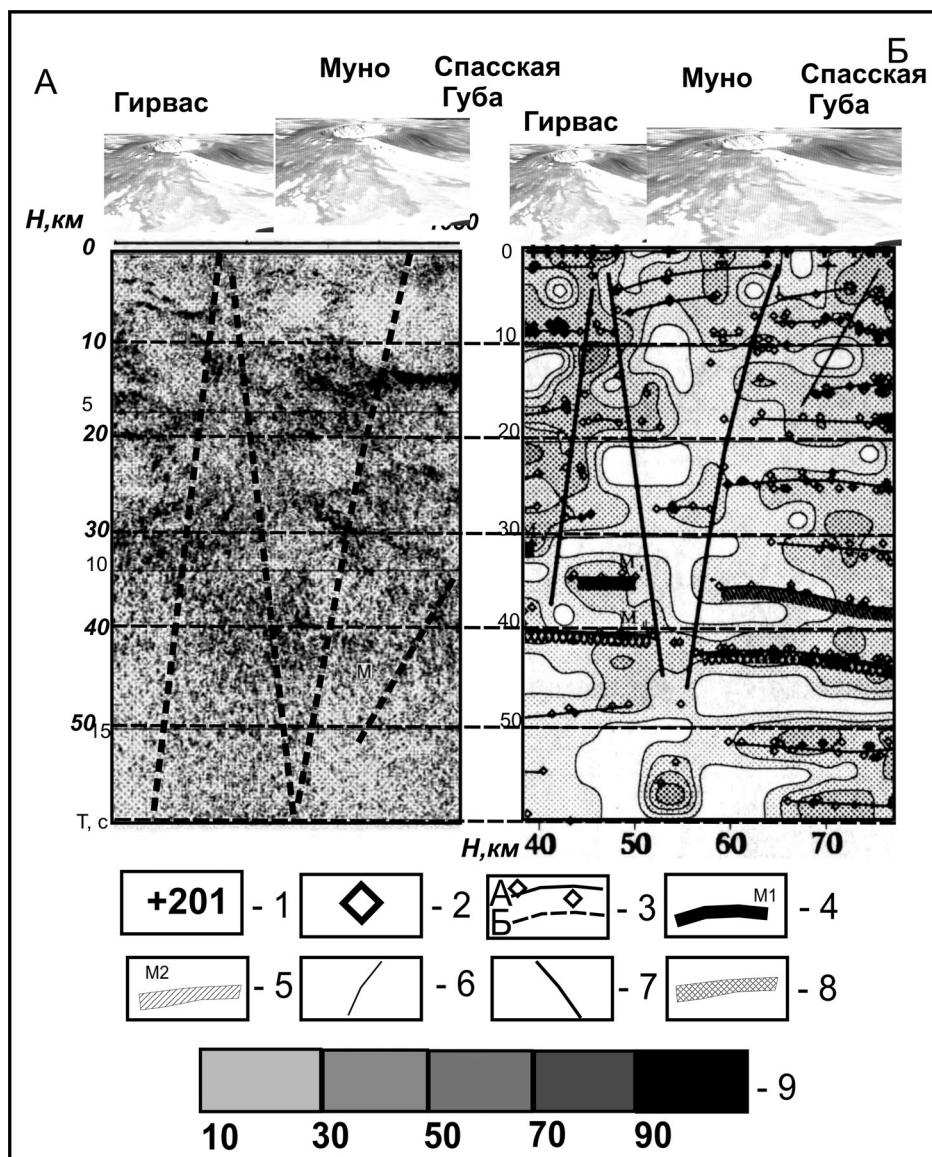
**Рис. 2. Схема осей синклиальных (1) и антиклинальных (2) складок – 1.**

Элементы современной тектоники: 2 – суб-меридиональный разлом р. Суны (водопад Кивач); 3 – Центральный разлом на о. Рудном; 4 – складки в доломитах на п-ове Лебедином; 5 – субмеридиональный вертикальный разлом по западному берегу оз. Санда

нию в системе «Google». Признаки влияния на докембрийские породы деятельности ледника, возможно, уже начиная с венда и с обновлением в квартере широко проявлены на территории заповедника. На левом берегу р. Суны на тропе у водопада прекрасно сохранилась ледниковая штриховка, а в русле (участки «Мостик» и «Водопад») – «исполиновые котлы»: наиболее крупный глубиной более 1 м и диаметром несколько десятков см установлен у левого берега на втором каскаде водопада Кивач.

Территория заповедника, несмотря на небольшую площадь, характеризуется почти всеми генетическими типами рельефа, свойственными ЮВ Фенноскандии, где фундамент, сложенный докембрийскими горными породами, перекрывается рыхлыми четвертичными отложениями. В современном строении территории преобладают сложные геоло-

гические комплексы денудационно-тектонического холмисто-грядового генезиса (преимущественно западная часть заповедника), а также проявлен водно-ледниковый рельеф с грядовыми и дельтовыми формами (северо-восточная и северная части) (Попова и др., 2006). Существенное значение в разнообразии ландшафтов имеют сейсмодислокации: тектонические (водопад Кивач), гравитационно-тектонические встряхивания, гидродинамические. Палеосейсмодислокации хотя и «погребены» под четвертичными комплексами, но вместе с современными разломами хорошо проявляются в рельефе в виде структуры «битой тарелки». Это наблюдается в «теле» Водопадного покрова на верхней ступени водопада, а также на о. Рудном (см. рис. 2). В четвертичное время ледник и талые ледниковые воды несколько сгладили рельеф, размыли и



**Рис. 3. А. Фрагмент профиля III-VIII (интервал 1000–1050 км). Б. Глубинный разрез и обменоспособность среды по МОВЗ (по Б. Н. Клабукову) (по: Глубинное строение..., 2004):**

1 – пункты наблюдений и их номера; 2 – точки проявленных обменных волн, 3 – границы обменных: а) уверенные, б) менее уверенные; 4 – кровля зоны перехода кора – мантия; 5 – подошва зоны перехода кора – мантия; 6 – внутрикоровые разломы; 7 – мантийные разломы, разрывающие М1 и М2; 8 – зоны, потенциально перспективные на поиски урана; 9 – обменоспособность среды (%)

перераспределили осадочные породы, создав заболоченные участки, а также мелкие водотоки в тектонических расщелинах.

Современная поверхностная структура заповедника в какой-то степени отражает строение верхней части коры, информация о которой заимствована авторами из материалов сейсмического эксперимента по геотраверсу 1-ЕВ в интервале 1000–1050 км (Глубинное строение..., 2004). Как следует из фрагмента профиля, пройденного вдоль западной границы заповедника (рис. 3, А), граница Мохо предполагается на глубине около 45 км, как и проинтерпретировано Б. Н. Клабуковым (там же).

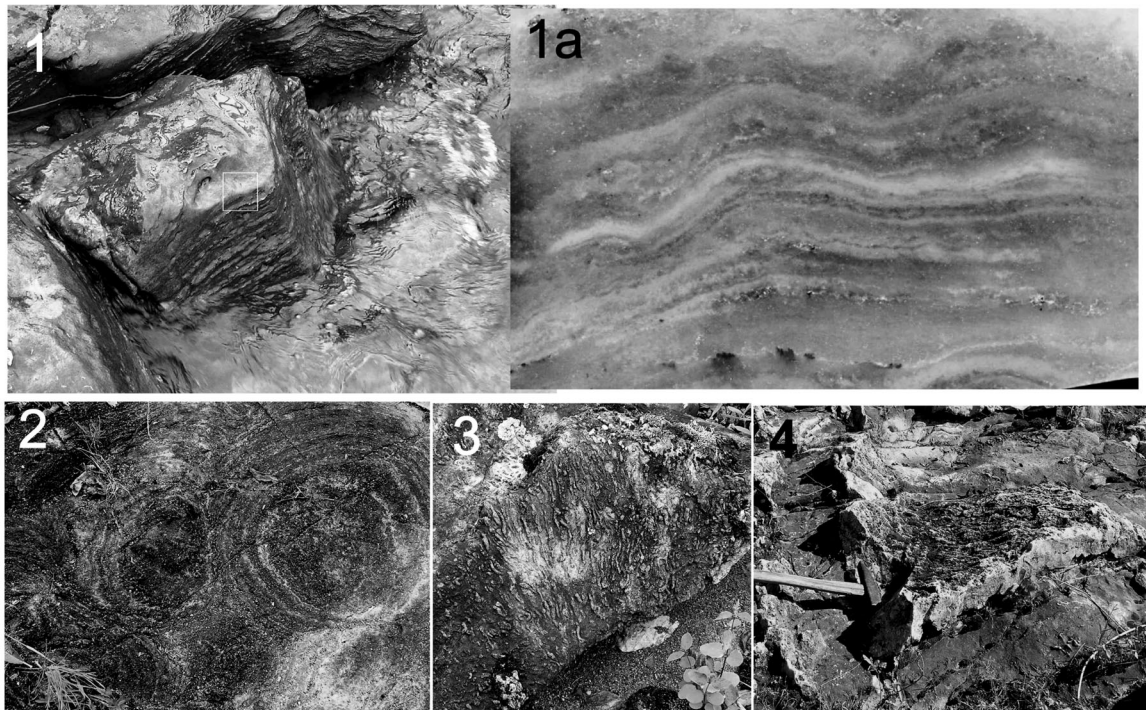
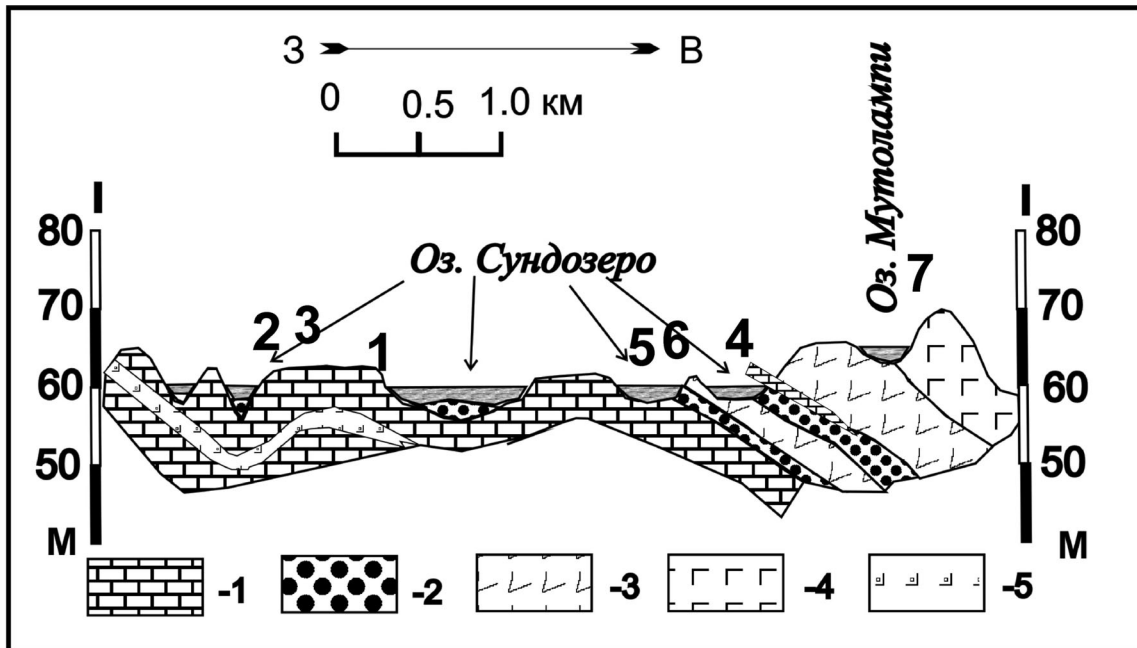
Нижнекоровый слой в интервале глубин 10–35 км имеет крайне неоднородное строение: скучивание, разрывы, надвиги, закручивание вещества. Пластиннообразные фрагменты корового вещества неизвестного состава и возраста характеризуются разрывами и изгибами и погружаются до глубины около 40 км (см. рис. 3, Б). Приповерхностная часть (до 10 км) по профилю имеет структурный рисунок, где прослеживаются субвертикальные зоны с повышенными показателями обменоспособности среды, которые, возможно, отражают положение подводящих каналов предполагаемых людииковских вулканов Гирвас, Муно и Укша.

### Стратифицированные осадочные и вулканогенные образования

Стратифицированные образования представлены терригенно-хемогенными, терригенно-осадочными породами, а также вулканитами. Авторами исследованы две толщи: существенно карбонатная и вулканогенно-осадочная. Их взаимоотношения

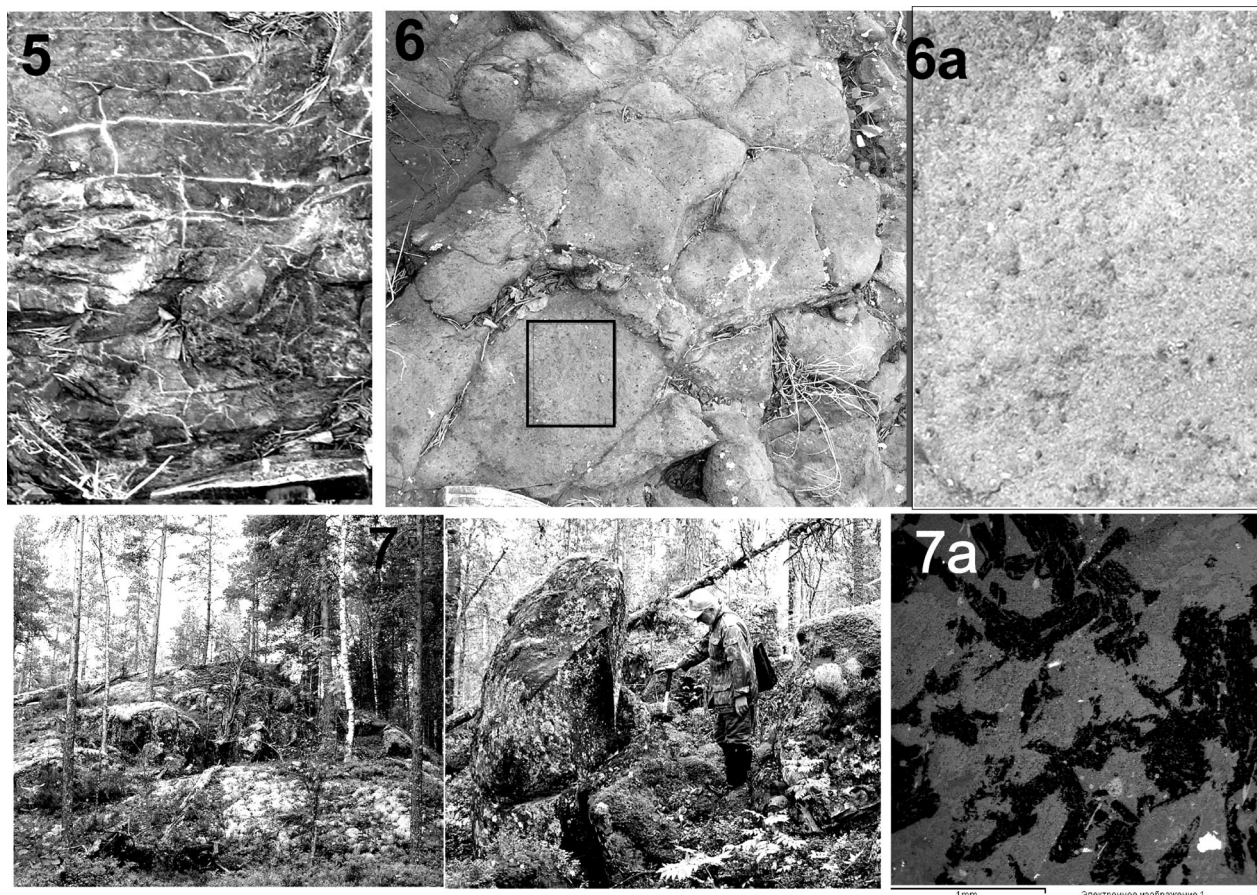
до настоящего времени дискуссионны, хотя, в общем, могут быть сопоставимы со свитами, описанными В. В. Яковлевой. Достоверные геохронологические данные о возрасте пород отсутствуют.

Первая (северная) толща представлена в основном доломитами разного состава и обнажена на СЗ и С заповедника по берегам и островам оз. Сундозеро (см. рис. 1 и рис. 4, 5). На участке «Рудный» выделе-



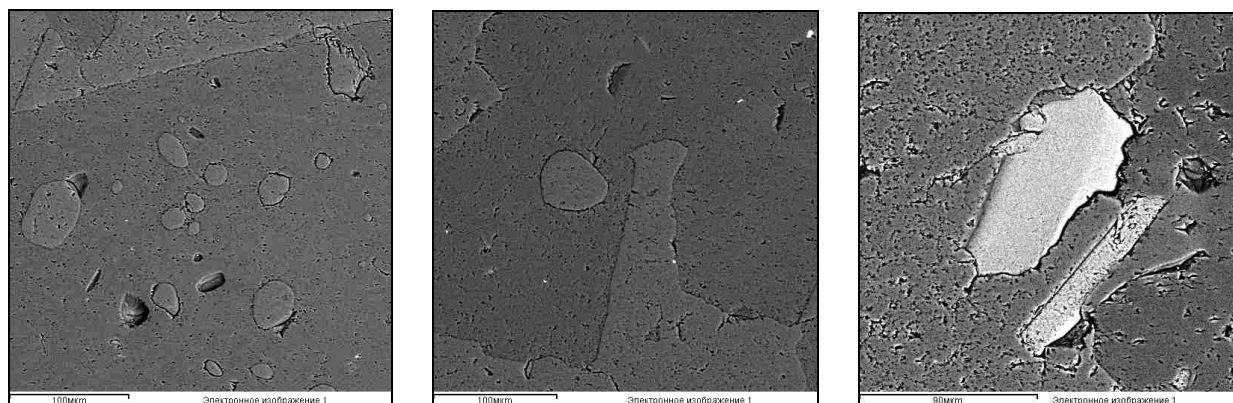
**Рис. 4. Геологический разрез южного побережья оз. Сундозеро:**

1 – доломиты и известняки (красные, кремовые, белые) со строматолитами, прослой глинистых сланцев; 2 – алевролитоглинистые породы, черные доломитизированные известняки, шунгитовые сланцы и шунгиты; 3 – базальты, в том числе о. Черного; 4 – долериты, в том числе участка Шушки; 5 – нерасчлененные долериты и базальты. Фото: 1 – слоистые доломиты (магнезиты) о. Предрудного и деталь; 2–3 – доломиты о. Рудного; 4 – складка в доломитах п-ова Лебедино



**Рис. 4 (продолжение):**

о. Черный: 5 – шунгиты; 6 – долериты (мандельштейны); 6а – дайки; участок Шушки; 7 – долериты и современные тектонические проявления в них; 7а – структура долеритов: светлое – амфибол по пироксену, черное – плагиоклаз



**Рис. 5. Структура слоистых доломитов:** в магнетите окатанные частицы кварца, который также в виде отдельных слоев имеет резкий контакт с основной породой. В доломит вырастают столбики кварца. Белые точки: апатит и неизвестный минерал состава (%):  $\text{SiO}_2 - 46,10$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 9,35$ ,  $\text{MgO} - 27,24$ ,  $\text{K}_2\text{O} - 9,43$

но несколько хорошо различимых по цвету, составу и текстуре пачек карбонатных пород (с севера на юг): желтые грубослоистые; розовые тонкослоистые с многочисленными постройками строматолитов, образующих кольцевые поднятия диаметром до 3–5 м; розовые со строматолитами – >3 м; белые массивные и слоистые – с кавернами за счет длительного выветривания мощностью несколько десятков м; тонкослоистые розовые мощностью >3 м. Общая мощ-

ность толщи ~300 м. На микрозонде (микроанализатор «INCA Energy 350» на базе сканирующего электронного микроскопа «VEGA II LSH» в ИГ Карельского НЦ РАН) были исследованы доломиты о. Предрудного. Особенностью их структуры является слоистость, обусловленная тонкими прослойками коллоидного – ? кварца (рис. 5). В породе присутствуют медистое олово и цинк (?), в том числе с примесью германия и мышьяка, самородные медь и

никель, минералы группы железа (состава  $Fe_2Si$  – ?, пирит, самородное железо), барит, апатит иногда с сопутствующим вольфрамом, аргентит и самородное серебро с ураном, редко – пиролюзит состава  $MnO$  – 67,36 и  $FeO$  – 32,64 %. Этот набор минералов и элементов требует дополнительного изучения петрографии доломитов.

Существуют разные представления (Петров, 1999; Заварзин, 2004 и др.) о генезисе строматолитов. Применительно к вышеназванным заслуживают внимания следующие: а) строматолиты светло-розового, серого, иногда красного цвета с четкими «столбиками» разного размера, возможно, термофильные (железо-восстанавливающие бактерии, образованные вблизи термальных источников – гейзеров в вулканических долинах или на склонах вулканов в присутствии и при избытке углекислого газа  $CO_2$ ), из которых в дальнейшем могли формироваться высокоуглеродистые соединения – шунгиты, а также гематит и магнетит; б) строматолиты пестрого облика с красными прослоями (галофильные (?) красноцветные цианофильные бактерии, которые образуются в засоленных лагунах); в) желтые доломиты с остатками, возможно, алкалофильных бактерий, создающих маты в содовых озерах (предполагается, что они были развиты в районе оз. Мунозеро).

Вторая толща является доминирующей (см. рис. 1) и представлена глинистыми, шунгитовыми, кремнистыми, карбонатными, также туфогенно-осадочными породами и базальтами. Приведенные в таблице химические анализы туфогенно-осадочных пород второй толщи соответствуют туффитам среднего состава. Однако из-за слабой обнаженности полный

разрез толщи не установлен (рис. 6). Отдельные выходы осадочных пород, в том числе шунгитовых сланцев (рис. 7), авторы наблюдали на южном побережье и островах оз. Сундозеро, на северном побережье оз. Мунозеро (рис. 7), на южном берегу оз. Лаголампи. Прослой шунгитов (или несколько – ?) с предполагаемой мощностью не менее 200 м с перерывами прослеживается от перекатов в 3 км ниже водопада Кивач, на правом берегу р. Суны в 1 км севернее пос. Кивач (участок «Мостик») до о. Черного, где установлен непосредственный контакт с долеритами (см. рис. 4). Породы слоистые и неоднородные, трещиноватые, а вдоль трещин отмечается желтая побелка (рис. 8). В них установлены акритархи (?), которые представляют собой один из важнейших компонентов биот органогенных микрофоссилий, размеры которых варьируют от первых микрон до 1 мм, реже 3–5 мм.

Микрозондовыми исследованиями шунгитов впервые были обнаружены иридийсодержащие цирконы (рис. 9) среднего состава из 10 зерен (%):  $ZrO_2$  – 43,55–50,48;  $SiO_2$  – 25,33–35,15;  $OsO_2$  – 8,34–8,82;  $IrO_2$  – 5,75–6,67;  $FeO$  – 2,77–3,50;  $TiO_2$  – 0,70–2,5;  $UO_3$  – 1,4 – 2,57;  $Sc_2O_3$  – 0,32–0,41, а также  $Nd_2O_3$  – 0,42;  $As_2O_3$  – 0,78;  $Yb_2O_3$  – 0,80;  $HfO_2$  – 0,75. Следует отметить, что цирконы с расплавленными включениями аналогичных составов с возрастом около 440 млн лет установлены нами впервые в дайках участка Чертов стул (вулкан Лой), рвущих «соломенские брекчии». Полученные результаты позволяют поставить вопрос о присутствии в осадочном горизонте признаков, характерных для событий, связанных с возможным метеоритным ударом (История Земли., 2005).

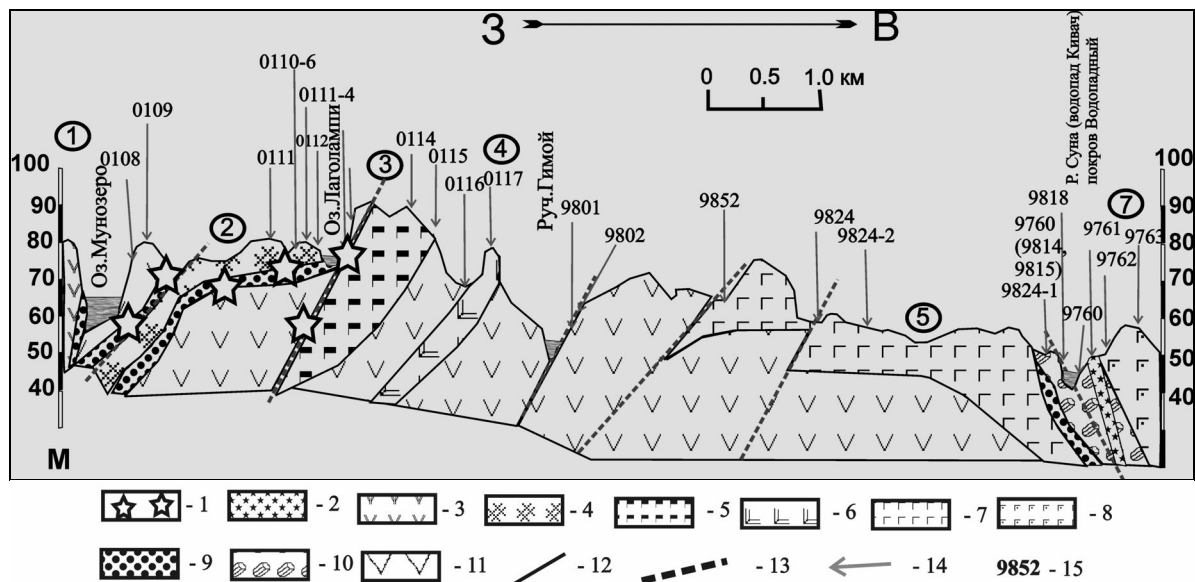


Рис. 6. Схема геологического разреза через центральную часть территории заповедника «Кивач» (составили В. С. Куликов и В. В. Куликова, 1996–2006 гг.):

1 – рудопроявления и минерализация медных колчеданов. 2 – Приреченская дайка (трубка взрыва) неясного возраста (1770 млн лет – ?): вне масштаба. Силлы ультрамафит-мафитовые: 3 – Улькаевский, 4 – Лаголампи, 5 – Рагуйлампи; мафитовые: 6 – Гебозерский, 7 – Правобережный, 8 – Левобережный. 9 – алевролиты, аргиллиты, шунгитовые сланцы, шунгиты. 10 – лавовый покров Водопадный. 11 – нерасчлененные базальты и долериты. 12 – границы пород. 13 – разломы. 14 – места отбора проб. 15 – номера обнажений

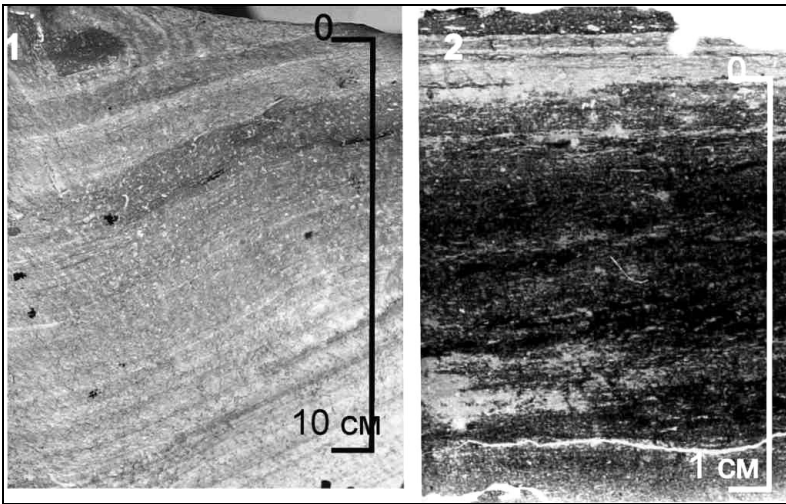


Рис. 7. Осадки на участке Гебозеро (1) и шунгиты восточного берега оз. Мунозеро (2)

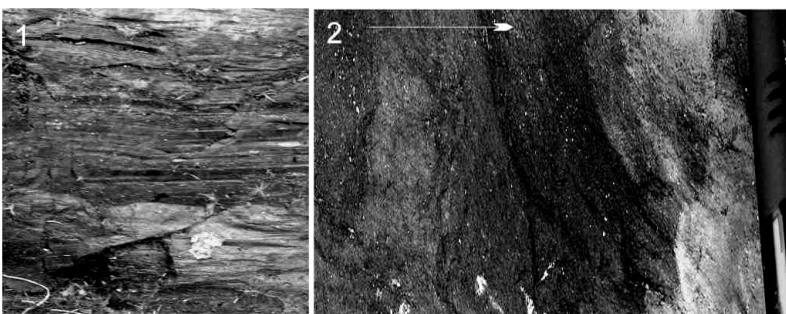


Рис. 8. Шунгитовые сланцы на участке «Мостик»:

1 – вид обнажения «9760» на правом берегу р. Суны, 2 – косая (?) слоистость (образец)

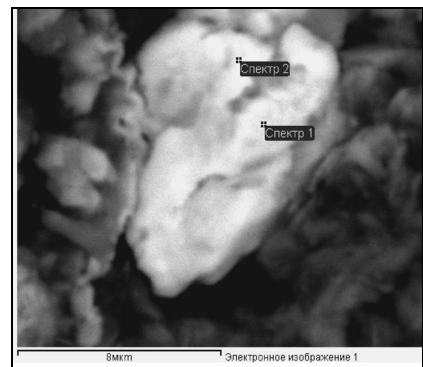
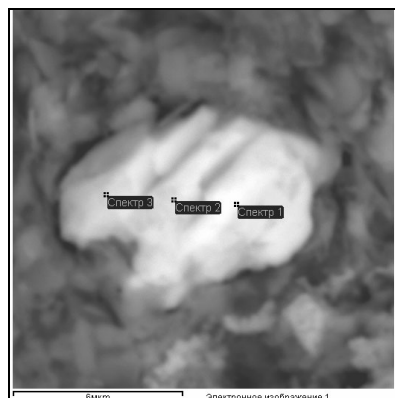
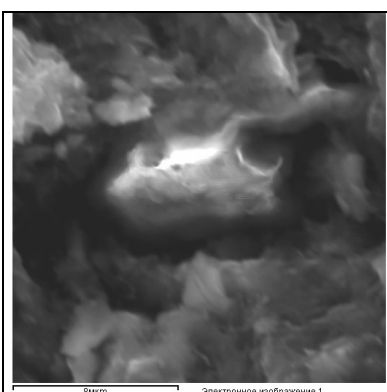
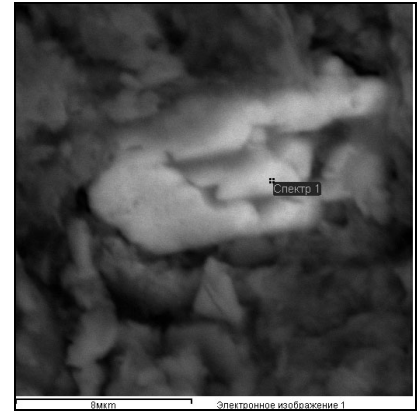
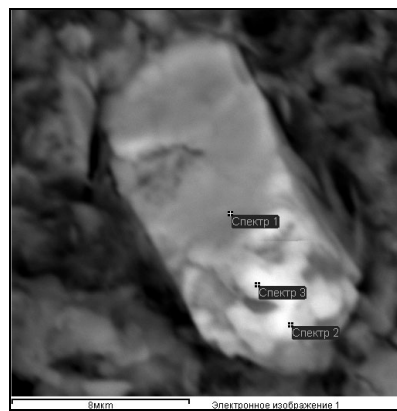
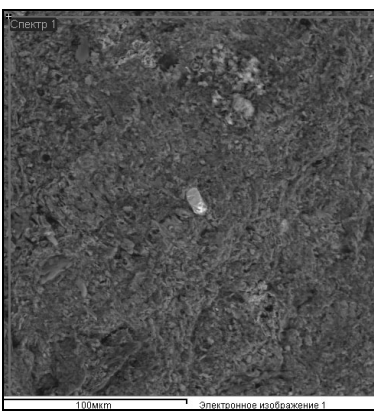


Рис. 9. Иридийсодержащие цирконы в шунгитах на участке «Мостик»



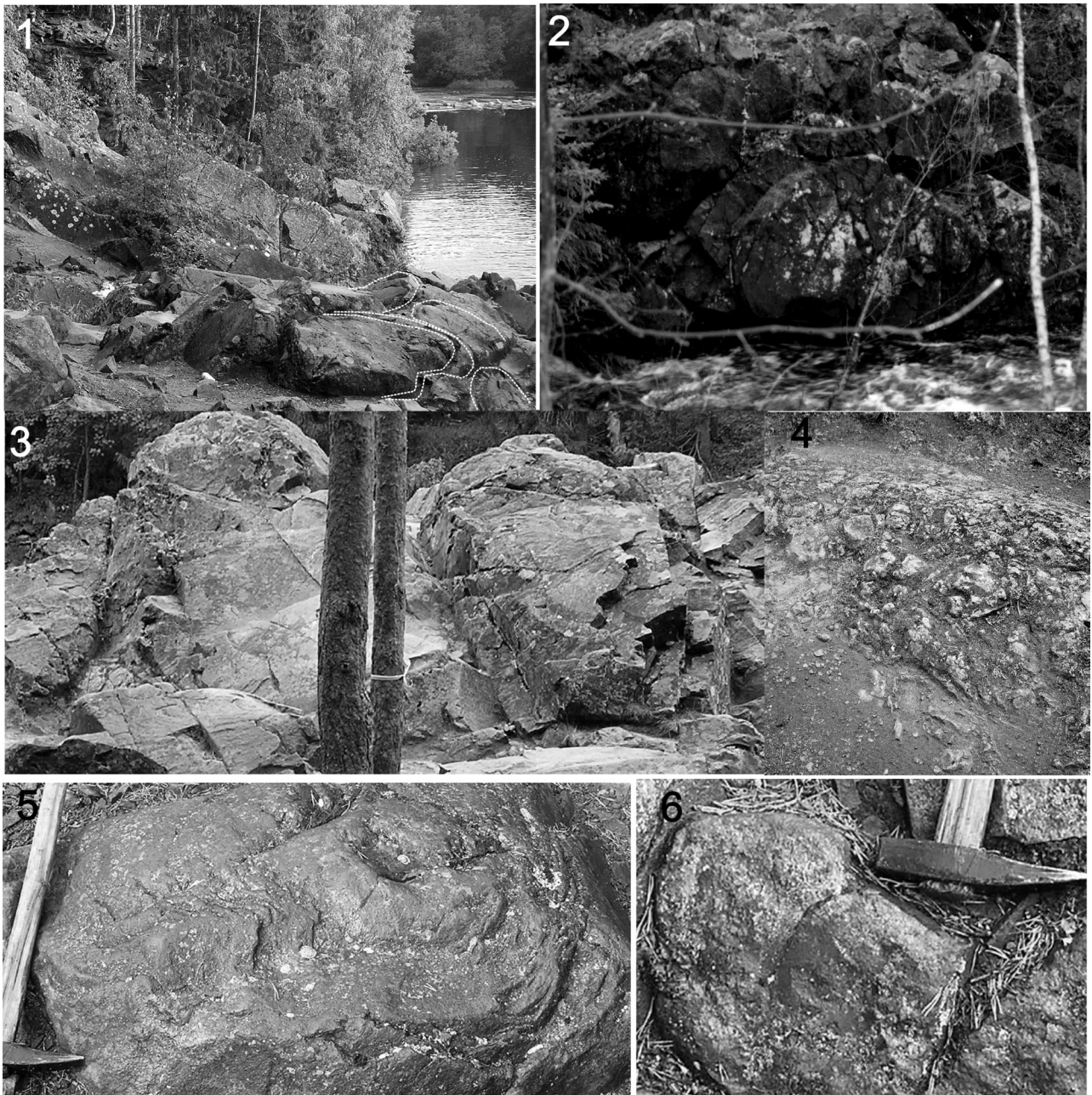


Рис. 10. Подушечные текстуры покрова Водопадный (1–3, 5, 6) и канатные текстуры на левом берегу р. Суны у слива водопада (4)

Находки в препаратах таких химических элементов, как С, N, Cl, S, в специфических образованиях (до 20 мкм) в виде пленок, а чаще отдельных неправильных зерен требуют дополнительного изучения.

Лавовые покровы базальтов на рассматриваемой территории ранее не отмечались. Широко распространенные основные породы без достаточного обоснования интерпретировались исключительно как силлы, однако на отдельных участках имеются миндалекаменные, шаровые и канатные (рис. 10), вариолитовые текстуры, характерные для лав. Это позволило среди «однородного» поля «интрузив-

ных габбро-диабазов» (см. геологическую карту м-ба 1 : 200 000 А. М. Савиной (1958)) наметить две пачки эффузивов основного состава, несколько различающихся по петрохимическим характеристикам: нижняя – преимущественно глиноземистая, а верхняя – существенно железистая (см. табл.).

*Покров Водопадный* является одним из наиболее примечательных в верхней пачке. Кровельная зона его представлена базальтами с отчетливыми подушечными текстурами (рис. 10). Подушечные лавы прослеживаются на площади не менее 500 м<sup>2</sup>. На ряде участков впервые установлены

канатные лавы, хорошо видимые на смотровой площадке на левом берегу р. Суны непосредственно у водопада (см. рис. 10). Переход от кровли к массивной части покрова находится выше нижнего уреза воды водопада примерно на 4 м. Последняя сложена среднезернистыми долеритами, а подошвенная и кровельная – мелкозернистыми базальтами. Судя по сохранившейся местами пластовой отдельности покров падает на ВЮВ под углами 50–60° и имеет мощность более 50 м. Он разбит серией субмеридиональных разломов на пластины с субвертикальными зонками брекчий, милонитов и зеркалами скольжения, ориентированными параллельно руслу р. Суны. Покров Водопадный залегает непосредственно на горизонте шунгитовых и кремнистых пород видимой мощностью около 5 м. Лавы покрова характеризуются повышенной железистостью с содержанием FeO<sub>общ</sub> – 13,8–17,5% (см. табл.).

## Интрузивные образования

Интрузивы представлены слабо дифференцированными силлами мафитов и дифференцированными телами ультрамафит-мафитов. Они занимают значительную площадь заповедника и прилегающей территории, а вместе с вмещающими вулканогенно-осадочными породами собраны в пологие складки и разбиты разломами. Авторами впервые закартированы и выделены под собственными именами 7 субвулканических силлов (с запада на восток): Улькаевский, Лаголампи; Гебозерский, Рагуйлампи, Правобережный, Шушки и Левобережный, а южнее заповедника – Корбалампи (см. рис. 6). По специфике вещественного состава они разделяются на три группы: лаголампинская (магнезиальная), правобережная (титано-железистая) и левобережная (глиноземистая) (см. табл.).

Химические составы пород района заповедника «Кивач»

| № проб              | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO   | MnO   | MgO   | CaO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> O | ппп  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | АТМ |
|---------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|------------------|------------------|------|-------------------------------|-----|
| Силл Улькаевский    |                  |                  |                                |                                |       |       |       |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| 2025                | 49,64            | 1,03             | 13,22                          | 2,53                           | 8,76  | 0,193 | 7,15  | 12,63 | 1,54              | 0,25             | 0,14             | 2,75 | 0,13                          | 13  |
| 2026                | 47,46            | 1,00             | 13,77                          | 1,64                           | 10,70 | 0,201 | 7,68  | 10,25 | 2,42              | 0,38             | 0,07             | 3,90 | 0,13                          | 14  |
| 2027                | 49,02            | 1,02             | 12,75                          | 2,07                           | 10,13 | 0,189 | 7,64  | 10,03 | 2,23              | 0,31             | 0,13             | 3,15 | 0,13                          | 12  |
| 2028                | 48,42            | 1,16             | 13,67                          | 2,30                           | 11,06 | 0,221 | 7,19  | 9,73  | 1,47              | 0,59             | 0,24             | 3,61 | 0,15                          | 12  |
| 2029                | 49,10            | 0,99             | 14,04                          | 2,05                           | 9,76  | 0,195 | 7,04  | 10,25 | 2,82              | 0,25             | 0,16             | 2,89 | 0,13                          | 14  |
| Силл Лаголампи      |                  |                  |                                |                                |       |       |       |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| 0110                | 48,10            | 1,52             | 14,38                          | 2,40                           | 10,60 | 0,213 | 6,64  | 8,59  | 2,45              | 0,46             | 0,54             | 3,52 | 0,20                          | 10  |
| 0110-1              | 48,80            | 1,33             | 14,28                          | 1,96                           | 10,63 | 0,186 | 7,05  | 7,58  | 3,47              | 0,37             | 0,43             | 3,33 | 0,19                          | 11  |
| 0110-2              | 49,20            | 1,80             | 14,07                          | 1,33                           | 8,98  | 0,161 | 7,70  | 8,59  | 4,00              | 0,25             | 0,16             | 3,08 | 0,25                          | 8   |
| 0110-3              | 43,90            | 1,30             | 8,23                           | 1,40                           | 10,56 | 0,213 | 17,85 | 10,18 | 0,18              | 0,12             | 0,40             | 4,85 | 0,18                          | 6   |
| 0110-4              | 43,33            | 1,19             | 7,11                           | 1,46                           | 10,15 | 0,142 | 20,02 | 9,03  | 0,13              | 0,03             | 0,44             | 5,89 | 0,17                          | 6   |
| 0110-5              | 44,56            | 1,54             | 8,47                           | 0,80                           | 10,92 | 0,181 | 17,35 | 8,59  | 0,57              | 0,39             | 0,67             | 5,20 | 0,20                          | 6   |
| 0110-6              | 45,57            | 1,56             | 9,50                           | 1,78                           | 10,24 | 0,171 | 15,36 | 8,01  | 1,52              | 0,29             | 0,32             | 4,92 | 0,23                          | 6   |
| 0110-7              | 43,70            | 1,65             | 10,36                          | 2,92                           | 8,75  | 0,128 | 16,50 | 6,57  | 1,39              | 0,09             | 0,62             | 6,60 | 0,23                          | 6   |
| 0110-8              | 42,70            | 1,60             | 10,00                          | 4,35                           | 8,30  | 0,124 | 16,44 | 6,57  | 1,20              | 0,10             | 1,30             | 6,70 | 0,25                          | 6   |
| 0111-2              | 43,46            | 1,63             | 9,55                           | 4,57                           | 10,42 | 0,17  | 15,14 | 6,20  | 1,28              | 1,03             | 0,76             | 5,66 | 0,29                          | 6   |
| 0111-3              | 44,24            | 1,38             | 7,76                           | 1,00                           | 11,01 | 0,184 | 19,79 | 7,44  | 0,19              | 1,80             | 0,18             | 4,08 | 0,17                          | 6   |
| 0112                | 42,86            | 1,17             | 6,68                           | 4,22                           | 8,56  | 0,20  | 20,65 | 7,95  | 0,13              | 0,08             | 0,95             | 6,63 | 0,22                          | 6   |
| 0114                | 43,65            | 1,66             | 9,53                           | 4,85                           | 9,34  | 0,20  | 15,85 | 6,17  | 1,31              | 0,81             | 0,84             | 5,84 | 0,26                          | 6   |
| 9810                | 42,37            | 1,12             | 6,13                           | 1,07                           | 10,84 | 0,17  | 22,86 | 7,33  | 0,08              | 0,07             | 0,65             | 7,25 | 0,13                          | 5   |
| Силл Гебозерский    |                  |                  |                                |                                |       |       |       |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| 9826                | 47,64            | 2,08             | 12,82                          | 7,22                           | 8,62  | 0,28  | 6,39  | 7,14  | 1,95              | 1,16             | 0,50             | 3,76 | 0,26                          | 6   |
| 9827                | 46,82            | 1,92             | 12,44                          | 2,78                           | 13,17 | 0,20  | 7,13  | 6,12  | 3,26              | 0,97             | 0,30             | 3,63 | 0,25                          | 7   |
| 9828                | 49,10            | 2,74             | 11,70                          | 10,64                          | 7,72  | 0,33  | 3,81  | 6,16  | 3,33              | 0,92             | 0-               | 3,31 | 0,46                          | 4   |
| Интрузив Рагуйлампи |                  |                  |                                |                                |       |       |       |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| 0117-1              | 49,92            | 2,62             | 14,34                          | 3,02                           | 8,19  | 0,17  | 4,74  | 8,01  | 4,74              | 0,16             | 0,42             | 2,76 | 0,45                          | 6   |
| 0117-2              | 44,54            | 1,46             | 9,02                           | 1,62                           | 10,05 | 0,197 | 17,53 | 8,58  | 0,73              | 0,17             | 0,38             | 4,85 | 0,19                          | 6   |
| Силл Правобережный  |                  |                  |                                |                                |       |       |       |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| 9852                | 48,12            | 1,94             | 12,38                          | 3,90                           | 11,97 | 0,23  | 6,40  | 7,58  | 2,73              | 0,62             | 0,49             | 3,31 | 0,25                          | 6   |
| 9824-3              | 47,00            | 1,96             | 12,89                          | 5,01                           | 10,42 | 0,24  | 6,29  | 10,06 | 1,46              | 0,71             | 0,40             | 3,30 | 0,20                          | 7   |
| Силл Шушки          |                  |                  |                                |                                |       |       |       |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| Шушки-1             | 45,50            | 2,13             | 12,42                          | 3,17                           | 12,88 | 0,22  | 7,13  | 9,94  | 2,45              | 0,21             | 0,18             | 3,20 | 0,23                          | 6   |
| Шушки-2             | 46,46            | 1,73             | 14,14                          | 2,70                           | 12,52 | 0,23  | 7,24  | 6,83  | 3,47              | 0,30             | 0,15             | 3,80 | 0,25                          | 8   |
| Шушки-3             | 47,00            | 1,91             | 13,30                          | 2,40                           | 13,12 | 0,22  | 6,93  | 7,09  | 3,41              | 0,49             | 0,18             | 3,53 | 0,25                          | 7   |
| Силл Левобережный   |                  |                  |                                |                                |       |       |       |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| 9762-1              | 47,84            | 1,17             | 14,45                          | 2,08                           | 9,12  | 0,186 | 8,22  | 10,15 | 2,08              | 0,50             | 0,46             | 3,05 | 0,14                          | 13  |
| 9763-1              | 48,92            | 1,17             | 14,45                          | 2,74                           | 9,63  | 0,197 | 6,57  | 10,29 | 2,20              | 0,27             | 0,27             | 3,07 | 0,16                          | 13  |
| Силл Корбалампи     |                  |                  |                                |                                |       |       |       |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| 2010                | 47,23            | 1,99             | 11,95                          | 4,89                           | 11,43 | 0,215 | 6,69  | 7,70  | 2,48              | 1,60             | 0,69             | 3,07 | 0,30                          | 6   |
| 2010-3              | 46,60            | 3,29             | 12,47                          | 3,43                           | 13,79 | 0,272 | 5,24  | 7,43  | 2,51              | 0,87             | 0,98             | 3,40 | 0,29                          | 4   |
| 2010-4              | 44,22            | 3,00             | 10,92                          | 3,45                           | 15,15 | 0,272 | 5,77  | 10,77 | 1,33              | 0,71             | 0,62             | 3,59 | 0,20                          | 4   |
| 2010-5              | 44,38            | 2,88             | 10,73                          | 3,58                           | 15,80 | 0,269 | 5,88  | 9,44  | 1,50              | 0,64             | 0,55             | 3,93 | 0,21                          | 4   |
| 2010-6              | 44,94            | 2,52             | 12,01                          | 4,19                           | 13,35 | 0,251 | 6,00  | 7,80  | 2,28              | 0,82             | 0,81             | 4,64 | 0,17                          | 5   |
| 2010-7              | 46,12            | 2,06             | 12,04                          | 3,66                           | 12,50 | 0,228 | 6,44  | 9,29  | 2,42              | 0,39             | 0,50             | 3,71 | 0,18                          | 6   |

## Окончание табл.

| № проб                                     | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO   | MnO   | MgO  | CaO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> O | ппп  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | АТМ |
|--|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------|-------|-------------------|------------------|------------------|------|-------------------------------|-----|
| Покров Водопадный                          |                  |                  |                                |                                |       |       |      |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| 9760-3                                     | 47,48            | 2,32             | 11,25                          | 10,62                          | 6,75  | 0,52  | 5,77 | 7,43  | 1,52              | 0,96             | 1,16             | 3,71 | 0,34                          | 5   |
| 9814                                       | 48,69            | 1,87             | 12,79                          | 5,72                           | 8,97  | 0,29  | 6,47 | 8,15  | 2,23              | 0,80             | 0,76             | 3,25 | 0,24                          | 7   |
| 9818                                       | 48,46            | 2,69             | 11,37                          | 8,04                           | 9,44  | 0,20  | 5,72 | 5,35  | 2,38              | 1,48             | 1,11             | 4,09 | 0,25                          | 4   |
| 9818-1                                     | 51,56            | 2,49             | 11,68                          | 4,24                           | 12,13 | 0,25  | 4,38 | 3,76  | 3,38              | 1,14             | 1,14             | 3,85 | 0,54                          | 5   |
| 9815                                       | 50,16            | 1,46             | 13,73                          | 2,60                           | 11,21 | 0,20  | 6,58 | 5,72  | 1,81              | 1,20             | 0,30             | 4,42 | 0,19                          | 9   |
| Нерасчленные силлы и покровы, нижняя пачка |                  |                  |                                |                                |       |       |      |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| 06-чер-1                                   | 48,18            | 1,49             | 15,54                          | 2,65                           | 8,90  | 0,20  | 6,80 | 9,04  | 1,97              | 1,23             | 0,27             | 3,22 | 0,18                          | 10  |
| 06-чер                                     | 49,20            | 1,71             | 15,91                          | 2,31                           | 9,76  | 0,20  | 6,96 | 3,90  | 4,27              | 1,00             | 0,42             | 4,07 | 0,19                          | 9   |
| 06-73                                      | 46,12            | 1,75             | 14,50                          | 2,46                           | 12,36 | 0,21  | 7,16 | 7,36  | 3,23              | 0,20             | 0,30             | 3,80 | 0,29                          | 8   |
| 06-75                                      | 49,33            | 1,44             | 14,96                          | 2,37                           | 9,43  | 0,20  | 6,82 | 6,33  | 4,16              | 0,36             | 0,62             | 3,44 | 0,16                          | 10  |
| 9820                                       | 49,26            | 1,37             | 15,66                          | 2,30                           | 9,19  | 0,19  | 6,83 | 7,36  | 1,76              | 1,13             | 0,17             | 4,03 | 0,17                          | 11  |
| То же – верхняя пачка                      |                  |                  |                                |                                |       |       |      |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| 0108                                       | 49,78            | 1,46             | 13,76                          | 2,47                           | 10,92 | 0,207 | 6,75 | 8,00  | 1,36              | 0,38             | 0,26             | 4,17 | 0,22                          | 9   |
| 0161                                       | 49,88            | 1,52             | 13,43                          | 2,14                           | 10,90 | 0,22  | 6,78 | 7,72  | 1,68              | 0,71             | 0,18             | 3,87 | 0,20                          | 9   |
| 9802                                       | 52,75            | 1,08             | 13,56                          | 2,42                           | 8,89  | 0,18  | 7,04 | 5,61  | 4,42              | 0,46             | 0,75             | 3,01 | 0,15                          | 13  |
| 9803                                       | 49,00            | 2,30             | 13,73                          | 1,22                           | 10,63 | 0,18  | 7,25 | 7,36  | 2,75              | 1,80             | 0,17             | 3,07 | 0,32                          | 6   |
| 2030                                       | 52,00            | 1,16             | 13,66                          | 2,93                           | 11,64 | 0,166 | 7,01 | 3,64  | 0,41              | 0,24             | 0,47             | 6,28 | 0,17                          | 12  |
| 0116                                       | 44,69            | 3,28             | 12,78                          | 12,42                          | 8,29  | 0,25  | 4,96 | 4,92  | 2,75              | 0,31             | 1,16             | 4,69 | 0,33                          | 4   |
| 9807                                       | 45,48            | 3,00             | 11,08                          | 7,51                           | 12,21 | 0,28  | 5,08 | 8,00  | 1,98              | 1,13             | 0,50             | 3,27 | 0,25                          | 4   |
| 9821                                       | 48,22            | 1,76             | 13,02                          | 2,33                           | 12,93 | 0,19  | 7,19 | 5,72  | 3,80              | 0,14             | 0,49             | 3,82 | 0,25                          | 7   |
| 9823-1                                     | 47,16            | 1,94             | 12,54                          | 6,33                           | 8,99  | 0,28  | 5,76 | 11,76 | 0,44              | 0,99             | 0,88             | 3,48 | 0,26                          | 6   |
| 9824                                       | 46,60            | 3,01             | 12,22                          | 4,38                           | 14,25 | 0,25  | 5,34 | 8,89  | 2,28              | 0,76             | 0,13             | 1,65 | 0,25                          | 4   |
| 0162                                       | 44,96            | 2,80             | 12,83                          | 2,89                           | 14,25 | 0,22  | 6,58 | 8,29  | 2,21              | 1,41             | 0,21             | 2,88 | 0,19                          | 5   |
| 0162-1                                     | 47,16            | 1,88             | 14,25                          | 3,11                           | 12,33 | 0,22  | 6,68 | 6,36  | 3,33              | 0,66             | 0,12             | 3,43 | 0,25                          | 8   |
| 0163                                       | 47,90            | 2,00             | 12,34                          | 2,13                           | 13,29 | 0,25  | 6,68 | 8,87  | 1,63              | 0,66             | 0,17             | 3,19 | 0,28                          | 7   |
| 0168-2                                     | 45,38            | 2,16             | 13,02                          | 4,62                           | 12,33 | 0,24  | 7,10 | 7,01  | 1,30              | 1,01             | 0,45             | 4,66 | 0,30                          | 6   |
| Приреченские брекчи                        |                  |                  |                                |                                |       |       |      |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| 0671-1                                     | 45,55            | 1,86             | 13,12                          | 2,65                           | 12,60 | 0,25  | 6,72 | 9,94  | 2,03              | 1,14             | 0,11             | 3,26 | 0,30                          | 7   |
| 0671-2                                     | 48,55            | 2,13             | 12,74                          | 2,70                           | 11,25 | 0,21  | 6,14 | 5,87  | 2,27              | 0,78             | 0,52             | 5,90 | 0,33                          | 6   |
| 0671                                       | 47,20            | 2,20             | 13,10                          | 5,50                           | 9,53  | 0,26  | 6,40 | 9,49  | 0,87              | 0,44             | 0,58             | 3,93 | 0,34                          | 6   |
| Осадки и туффы нерасчленные                |                  |                  |                                |                                |       |       |      |       |                   |                  |                  |      |                               |     |
| 0109                                       | 59,50            | 1,23             | 11,55                          | 10,18                          | 3,60  | 0,247 | 1,45 | 3,54  | 3,48              | 0,85             | 0,84             | 2,80 | 0,44                          | 9   |
| 0115                                       | 54,15            | 2,10             | 11,89                          | 6,69                           | 6,52  | 0,184 | 1,98 | 4,47  | 5,58              | 0,24             | 0,77             | 2,96 | 0,61                          | 6   |
| 9808                                       | 57,27            | 1,44             | 10,75                          | 3,87                           | 2,89  | 0,24  | 1,34 | 4,65  | 2,11              | 1,06             | 0,98             | 3,29 | 0,59                          | 8   |
| 9811                                       | 52,22            | 2,46             | 15,29                          | 1,63                           | 7,33  | 0,17  | 4,72 | 5,57  | 5,67              | 0,38             | 0,50             | 2,86 | 0,52                          | 6   |
| 2010-1                                     | 59,81            | 1,21             | 11,96                          | 9,08                           | 4,36  | 0,146 | 1,26 | 3,06  | 4,65              | 0,87             | 1,12             | 2,82 | 0,36                          | 10  |
| 2010-2                                     | 58,76            | 1,08             | 12,03                          | 8,50                           | 6,16  | 0,225 | 1,46 | 3,35  | 4,47              | 0,85             | 0,85             | 2,63 | 0,37                          | 11  |

Лаголампинская группа включает силл Лаголампи и интрузив Рагуйлампи. Силл *Лаголампи* (см. рис. 6) находится в западной части заповедника и прослеживается от оз. Лаголампи на севере до горы Орел на юго-западе – на расстояние около 10 км вдоль озер Мусталампи, Лаголампи, Рагуйлампи, Хабуслампи и Пертозеро. Наиболее представительные разрезы установлены на южном берегу оз. Лаголампи, северо-восточном оз. Мунозеро и на г. Орел (северное окончание оз. Пертозеро). Верхний контакт тела не обнажен.

Нижний субсогласный контакт с вмещающими породами наблюдался на оз. Лаголампи и к востоку от оз. Мунозеро (обн. 0110-6-9). Общая мощность силла на участке Мунозеро около 110 м. Подстилающие породы видимой мощностью около 30 м в районе оз. Мунозеро представлены шунгитовыми сланцами, чередующимися с кремнистыми сланцами и полого падающими на запад (около 15°).

Закалочная зона мощностью до 0,5 м сложена порфировыми пикритами (см. табл., № 0110-8) с видимой трахитоидностью за счет ориентированных вдоль контакта псевдоморфоз вторичных минералов по оливины. Вкрапленники оливина, полностью замещенного

хлорит-серпентиновым агрегатом с магнетитом, имеют размеры 1–2 мм. Основная масса породы представлена тонкозернистым агрегатом вторичных минералов (цоизит, хлорит и др.). В 1 м выше контакта псевдоморфозы по вкрапленникам оливина достигают размеров до 2–3 мм и вместе с клинопироксеном и частично плагиоклазом образуют плагиоклазовый пикрит (табл., № 0110-7). В 2,5 м от контакта он сменяется пикритом (табл., № 0110-4, 5), где из первичных минералов сохраняется только клинопироксен, а вторичные представлены в основном агрегатом хлорита, тремолита и серпентина по оливину и другим минералам. Мощность пикритовой зоны около 25 м. Вверх по разрезу она постепенно переходит в пироксенитовую (табл., № 0110-3) мощностью около 25 м, где зерна сохранившихся клинопироксенов размером до 5–6 мм составляют более 60% породы. Вышележащая (мощность около 30 м) зона крупнозернистых габброидов (табл., № 0110-2) содержит первичные клинопироксены, плагиоклазы и скелетные зерна титаномagnetита (табл., № 0110-2). Верхняя часть силла (мощность около 30 м) представлена среднезернистыми долеритами (табл., № 0110).

*Интрузив Рагуйлампи* (см. рис. 6), сложенный долеритами и пироксенитами, обнажается вдоль западного берега одноименного озера и к северу от него в виде узкой хорошо выраженной в рельефе гряды субмеридионального простирания длиной до 1 км. Форма тела достоверно не установлена. Непосредственных контактов с вмещающими породами не наблюдалось. Стратиграфически он залегает ниже силла Лаголампи, возможно, это подводящий канал для него. Некоторые дифференциаты его имеют повышенные значения  $\text{Na}_2\text{O}$  (до 5%) (см. табл., № 0117-1), другие (табл., № 0117-2) –  $\text{MgO}$  (17,5%).

Дифференцированные интрузивы рассматриваемой группы по минеральному и химическому составу (см. табл.,  $\text{MgO}$  – 6,6–22,6%) относятся к пикритовой серии (Петрохимические..., 2001) и сопоставимы с известными силлами суйсарского комплекса: Кончезерским (оз. Кончезеро – оз. Гомсельга) и Тернаволокским (Кондопожская губа Онежского озера) с возрастом 1,98 млрд лет (Суйсарский..., 1999).

**Правобережная группа** включает 4 силла (*Гебозерский, Шушки, Корбалампи и Правобережный*) (см. рис. 1 и 6). Правобережный силл обнажается на правом берегу р. Суны. Верхняя его часть прослеживается по отдельным обнажениям на расстояние 3 км в северо-западном направлении. Он залегает в основном полого и разбит на отдельные блоки. Наиболее обнажена центральная часть, где преобладают темно-серые крупно- и среднезернистые габбродолериты, состоящие из кислого плагиоклаза (альбит) и клинопироксена (авгит). Из вторичных минералов обычно присутствуют хлорит, актинолит, цоизит, эпидот, иногда кварц и биотит, а также лейкоксен и др. Мощность более 50 м.

В северной части территории авторами описан силл Шушки (см. рис. 1 и рис. 4 – продолжение), который по минеральному и химическому составу весьма близок к Правобережному (см. табл.).

Силл Гебозерский (см. рис. 1 и 6) отчетливо проявлен на западном берегу одноименного озера и прослежен в юго-восточном направлении на расстояние более 10 км до оз. Пертозеро, но в настоящее время недостаточно изучен. Все интрузивы отличаются повышенным содержанием суммарного железа (14–18%), а также щелочей – около 4% (см. табл.).

**Левобережная группа** (см. рис. 1 и 6) представлена *Левобережным* и *Улькаевским* силлами. Последний расположен в ядре Мунозерской синклинали за пределами заповедника среди мощной толщи шунгитовых пород и слабо изучен. *Левобережный* силл находится на левом берегу р. Суны и обнажен на протяжении 5 км от пос. Кивач до оз. Ландозеро. Поперечный изученный разрез можно наблюдать на широтной просеке в 1 км к северу от пос. Кивач. Силл слабо дифференцирован, непосредственные нижний и верхний контакты не обнажены. В нижней части отмечены среднезернистые меланократовые габбро с повышенным содержанием по отношению к плагиоклазу амфиболизированного клинопироксена. Ха-

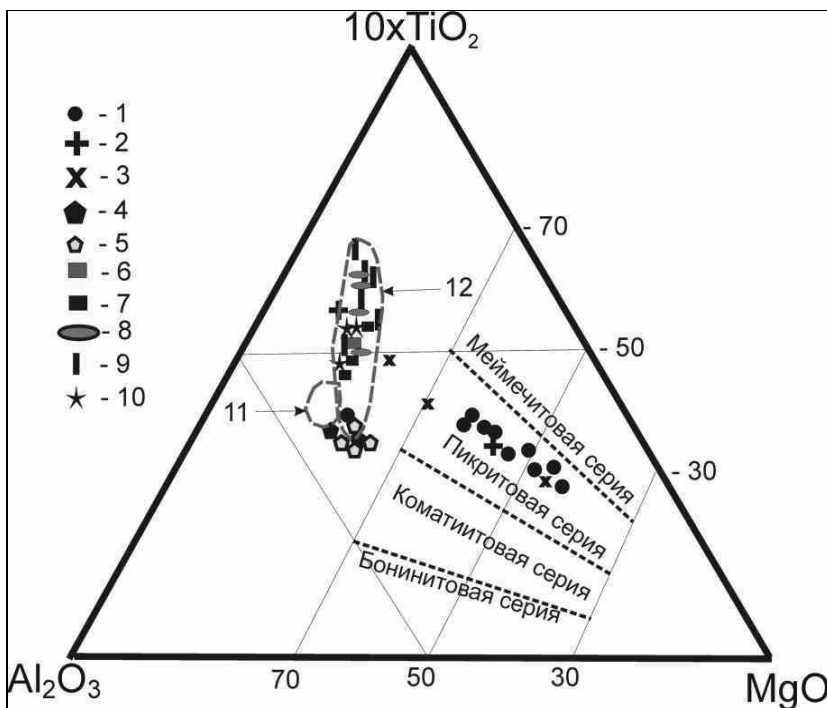
рактерна пластовая отдельность с падением трещиноватости на северо-восток под углами около  $20^\circ$ . Верхняя часть силла обнажается на вершинах горюшек, расположенных вдоль левого берега р. Суны, где развиты средне- и крупнозернистые габброиды с линзами лейкогаббро. Мощность тела более 150 м. По химическому составу (см. табл., № 9762-1, 9763-1) этот силл существенно отличается от магнезиального Лаголампи и титано-железистого Правобережного. В нем отмечено повышенное содержание глинозема, а следовательно, и более высокое отношение АТМ – 12–14 вместо обычных 4–7.

Положение интрузивных магматитов показано на диаграмме  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 10 \times \text{TiO}_2 - \text{MgO}$  (рис. 11). Представляющие их фигуративные точки образуют три самостоятельных поля (группы): магнезиальное, глиноземистое и титано-железистое. Вытянутое узкое поле магнезиальных пород соответствует корректному тренду и отображает особенности дифференциации в процессе кристаллизации расплава интрузива Лаголампи. Он совпадает с трендами составов Тернаволокского и Кончезерского силлов, относящихся к пикритовой петрохимической серии. Две точки из краев массива располагаются в поле составов глиноземистых долеритов силлов Улькаевского и Левобережного, что, как предполагается, свидетельствует о связи их исходных магм, например, в качестве дифференциата магнезиального материнского расплава. Как отмечалось, в интрузиве Рагуйлампи встречается порода с повышенным содержанием железа и натрия, которая на рассматриваемой диаграмме попадает в титано-железистое поле, что может свидетельствовать о генетической связи этих групп.

Таким образом, различие в химизме рассмотренных трех групп интрузивов и двух – эффузивов, по видимому, обусловлено дифференциацией единой материнской магмы в коровом резервуаре и отражает стадийность развития магматической системы.

### **Брекчии (Приреченская «дайка»)**

*Брекчии* в окрестностях пос. Кивач были отмечены на карте А. М. Савиной (1958) как вулканические и отнесены вместе с другими расположенными вокруг нерасчлененными магматитами к суйсарской свите. Наши рекогносцировочные работы в конце 1990-х гг. при отсутствии непосредственных взаимоотношений между породными комплексами допускали возможность интерпретации их как аналогов суйсарской свиты (Куликов, Куликова, 2000; История Земли..., 2005). Однако тогда требовалось объяснить стратиграфическое положение Левобережного силла, который залегает геоморфологически выше брекчий и должен иметь более молодой возраст. Из-за отсутствия геохронологических данных этот вопрос не решен до настоящего времени. Последующие работы авторов показали, что брекчии (туффзиты – ?) преимущественно основного состава обнажаются на левом берегу р. Суны у пос. Кивач на 3-й террасе и



**Рис. 11. Положение магматических пород заповедника «Кивач» и сопредельных территорий на петрохимической диаграмме В. С. Куликова (Куликов, 1991)**

Дифференцированные ультрамафит-мафитовые (магнезиальные) интрузивы: 1 – Лаголампи, 2 – Рагуйлампи, 3 – Тернаволок. Мафитовые силлы. Глиноземистые: 4 – Левобережный, 5 – Улькаевский; титано-железистые: 6 – Правобережный, 7 – Шушки, 8 – Карболампи. Трахитовые (субщелочные): 9 – покров Водопадный. 10 – Приреченская дайка. Поля составов нерасчлененных базальтов и долеритов: 11 – нижней пачки, 12 – верхней пачки. Пунктиром показаны корректные границы петрохимических серий на треугольной диаграмме

прослеживаются на север с перерывами до висячего мостика на р. Суне. В 250 м вверх по реке они переходят на правый берег и тянутся вдоль него не менее чем на 1 км. Авторы предлагают, учитывая местоположение тела в долине р. Суны, назвать его «Приреченской дайкой». Непосредственные контакты с окружающими породами не обнаружены, но по целому ряду обнажений брекчии прослежены по тектонической зоне СЗ направления, т. е. возможен рвущий характер контакта. Брекции содержат остроугольные обломки базальтов, слабо окатанные гальки шунгитов и кремнистых пород (рис. 12). Преобладает обломочный материал афанитовых базальтов с цементом близкого состава, в котором установлен флогопит. На ряде участков выделяются зоны брекчий «соломенского типа», происхождение и возраст которых в настоящее время дискуссионны. По химическому составу обломки пород в брекчии значительно различаются (рис. 13), а также (%): 1) SiO<sub>2</sub> – 49,82; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 15,25; FeO – 18,85; MgO – 5,48; CaO – 3,21; Na<sub>2</sub>O – 2,29; K<sub>2</sub>O – 3,87, 2) SiO<sub>2</sub> – 51,16; TiO<sub>2</sub> – 1,41; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 14,58; FeO – 9,68; MgO – 2,20; CaO – 17,55; Na<sub>2</sub>O – 0,89; K<sub>2</sub>O – 0,85; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1,69, 3) SiO<sub>2</sub> – 56,51; TiO<sub>2</sub> – 1,68; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 13,90; FeO – 6,66; MgO – 2,14; CaO – 13,50; Na<sub>2</sub>O – 1,29; K<sub>2</sub>O – 1,50; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2,82, 4) SiO<sub>2</sub> – 33,98; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 14,66; MgO – 8,16; MnO – 0,55; FeO – 42,34; K<sub>2</sub>O – 0,32, 5) SiO<sub>2</sub> – 65,56; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 17,82; FeO – 1,50; K<sub>2</sub>O – 15,13, 6) SiO<sub>2</sub> – 49,37; TiO<sub>2</sub> – 1,85; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 14,42; FeO – 7,45; MgO – 3,46; CaO – 14,32; Na<sub>2</sub>O – 1,60; K<sub>2</sub>O – 2,40; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 3,70; IrO<sub>2</sub> – 1,42. В брекчиях впервые установлено углеродистое вещество, предположительно микро- (нано-?) алмаз, исследование которого продолжается. Породы по внешнему виду сходны с некоторыми кимберлитоподобными образованиями Кимозера (Заонежье), а так-

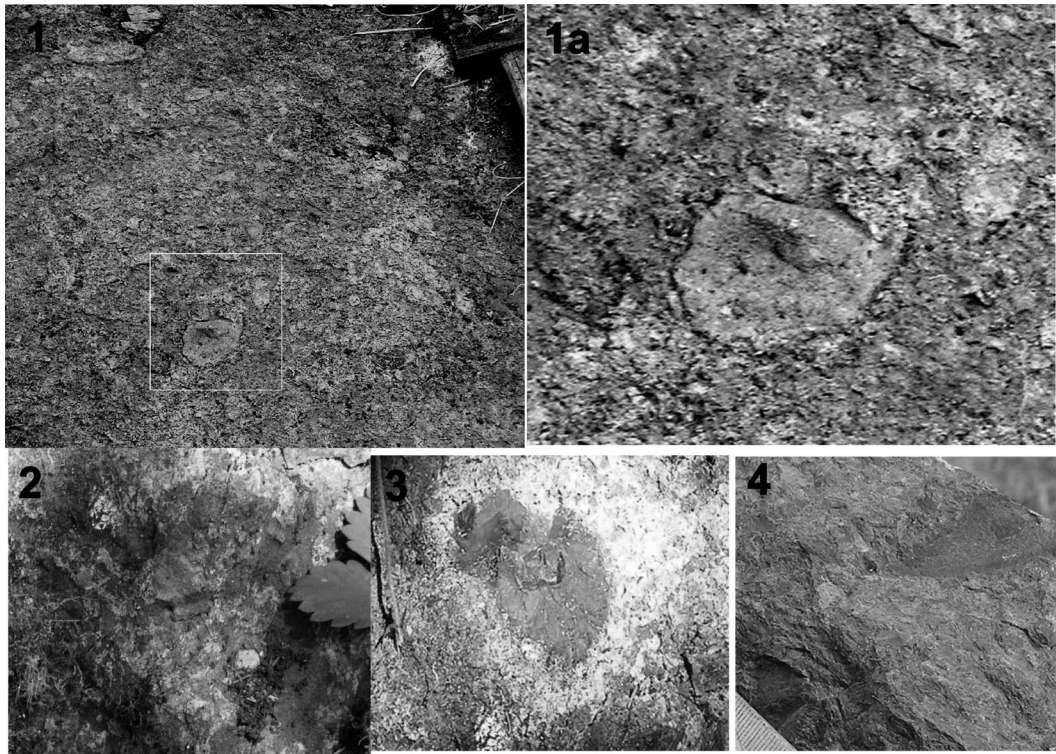
же района Янисъярви. Мощность тела брекчий при условии вертикального (дайкообразного) залегания составляет не менее 100 м.

#### **О полезных ископаемых и современном тепловом поле**

Территория заповедника и прилегающие участки в XVII–XVIII вв. была важным районом для добычи железа и меди в Карелии. Однако небольшие месторождения скоро были выработаны, но следы существования горных выработок сохранились до наших дней. Теперь они представляют интерес для научного туризма: школьников, историков, минералогов и краеведов. Далее приводится список основных рудопроявлений, зафиксированных на карте полезных ископаемых СССР м-ба 1 : 200 000 (лист Р-37, XVI) в пределах заповедника.

**Железные руды:** Сундозерские болотно-озерные с марганцем и Холодный колодец гематитовых руд. **Медные руды:** Рагуйлампи в 800 м от СЗ конца озера; рудники Пялозерский, Мунозерский – Гладкий берег, Нисельский, «Северная оконечность» Пертозера, Надежда Божия; гора Орел; Викшица в 2,5 и 2,7 км к ЮЗ. **Шунгит** южнее оз. Пандозеро.

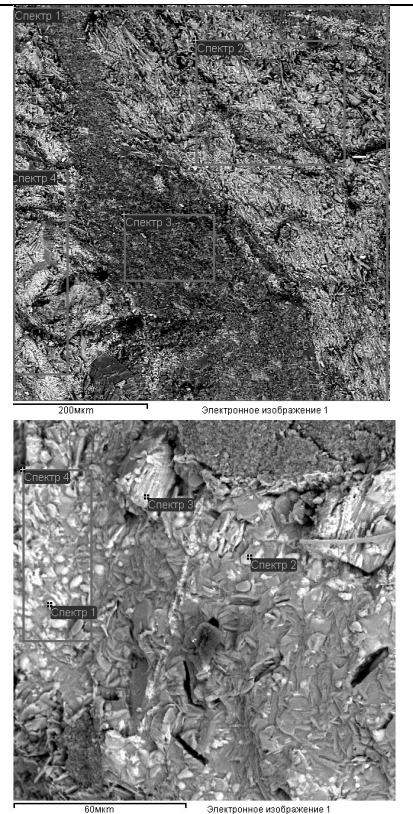
Анализ пространственного расположения названных месторождений и рудопроявлений показывает их приуроченность к полям повышенного конвективного теплового потока (КТП) (рис. 14) по материалам дистанционного зондирования Земли (Горный и др., 1993 и др.). Они получены «дистанционно-геотермическим» методом, основанным на передаче тепла через преобразование тепловой энергии в энергию электромагнитного инфракрасного излучения. Изучение термической геологической структуры



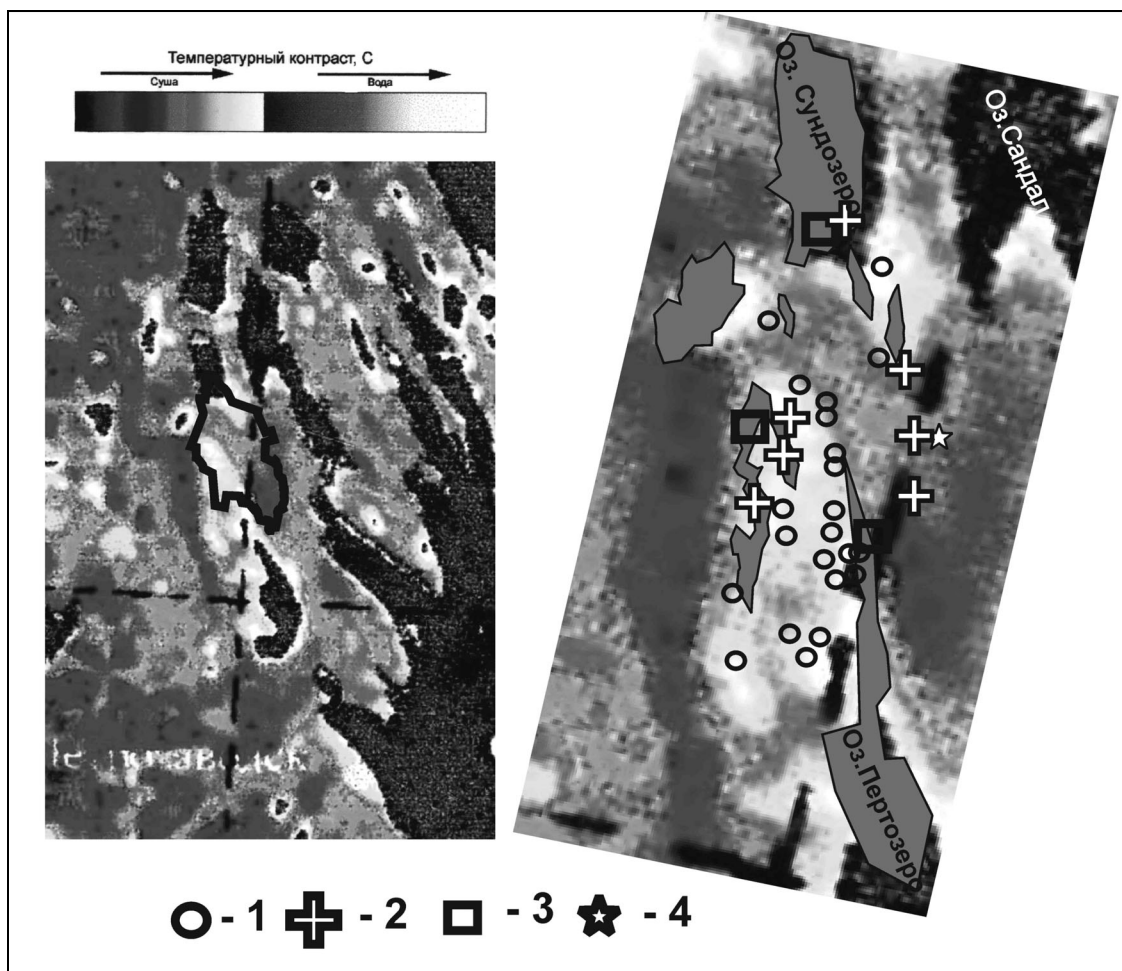
**Рис. 12. Приреченская дайка:**

1 и 1а – обнажение и деталь (участок «Поселок»); участок «Мостик»: 2–3 – обломки шунгитов, 4 – обломки осадочных (светлое) пород и долеритов

| Формула                        | Номера исследованных участков |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                | 1                             |       | 2     |       | 3     |       | 4     |       |
|                                | Атом.                         | Соед. | Атом. | Соед. | Атом. | Соед. | Атом. | Соед. |
| CO <sub>2</sub>                | 10,52                         | 23,73 | 1,61  | 3,19  | 12,53 | 30,13 | 8,13  | 16,85 |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,55                          | 2,46  | 1,66  | 2,32  | 2,38  | 4,03  | 0,83  | 1,22  |
| MgO                            | 2,14                          | 4,43  | 5,10  | 9,26  |       |       | 4,04  | 7,66  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,78                          | 7,26  | 4,37  | 10,03 | 1,92  | 5,34  | 5,98  | 14,36 |
| SiO <sub>2</sub>               | 15,39                         | 47,41 | 17,85 | 48,25 | 17,32 | 56,84 | 11,21 | 31,71 |
| K <sub>2</sub> O               | 0,20                          | 0,49  | 0,48  | 1,01  |       |       | 0,63  | 1,40  |
| CaO                            | 1,06                          | 3,04  | 2,20  | 5,54  | 0,44  | 1,35  | 1,05  | 2,76  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,29                          | 1,20  | 0,34  | 1,23  | 0,28  | 1,21  | 0,59  | 2,23  |
| FeO                            | 2,71                          | 9,98  | 5,93  | 19,18 | 0,16  | 0,63  | 6,45  | 21,81 |
| Tl <sub>2</sub> O              |                               |       |       |       | 0,04  | 0,47  |       |       |
|                                | 63,36                         |       | 60,46 |       | 64,94 |       | 61,09 |       |
|                                | 1                             |       | 2     |       | 3     |       | 4     |       |
| CO <sub>2</sub>                |                               |       | 15,50 | 31,34 | 6,00  | 9,22  |       |       |
| MgO                            | 1,23                          | 1,48  | 2,83  | 5,24  | 2,40  | 3,38  | 2,47  | 3,26  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,31                          | 2,00  | 3,37  | 7,90  | 2,32  | 4,13  | 2,99  | 5,00  |
| SiO <sub>2</sub>               | 4,07                          | 7,28  | 4,10  | 11,33 | 4,49  | 9,41  | 6,77  | 13,33 |
| CaO                            | 0,90                          | 1,49  | 0,88  | 2,26  | 0,37  | 0,73  | 0,86  | 1,58  |
| TiO <sub>2</sub>               |                               |       |       |       | 0,38  | 1,05  |       |       |
| FeO                            | 3,64                          | 7,78  | 4,06  | 13,40 | 15,55 | 38,98 | 21,67 | 51,01 |
| MnO                            | 35,24                         | 74,43 | 8,44  | 27,52 | 10,74 | 26,60 | 11,11 | 25,83 |
| Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,00                          | 5,54  |       |       |       |       |       |       |
| ZnO                            |                               |       | 0,05  | 0,18  |       |       |       |       |
| CuO                            |                               |       |       |       | 1,08  | 2,99  |       |       |
| BaO                            |                               |       | 0,12  | 0,84  | 0,66  | 3,51  |       |       |
| O                              | 52,61                         |       | 60,65 |       | 56,01 |       | 54,13 |       |



**Рис. 13. Спектры составов (%) некоторых обломков из Приреченской брекчии**



**Рис. 14.** Схема теплового поля территории заповедника «Кивач». Общий вид и границы заповедника. Справа расположение рудопроявлений:

1 – медных колчеданов, 2 – шунгитов, 3 – болотных руд, 4 – «наноалмазов» (?) в Приреченских брекчиях

происходит в результате фиксации излучения спутником MOAA. Эти данные спутников NOAA-AVHRR (с радиометром высокого разрешения на борту) используются Комиссией центра объединенных научных исследований Европейского сообщества в Испре с июля 1981 г. Авторами для территории заповедника использован фрагмент карты КТП Земли в масштабе 1 : 1 000 000 с локальными аномалиями на данной территории. Совпадение повышенных КТП и рудоносных территорий не является случайным, поскольку связано с конвективным выделением дополнительного тепла при распаде радиоактивных элементов и разложении колчеданов.

### Палеореконструкция геологической обстановки

Комплексные геологические исследования авторов в заповеднике и на прилегающих территориях, а также сравнение особенностей структур Гирвас, Кончезеро – Укшезеро и др. с современными вулканическими структурами, формирующимися в зонах сочленения мелких литосферных плит, позволили предположить следующий сюжет магматизма около

2 млрд лет назад на территории Центральной Карелии. По своему положению и масштабам (Google Планета Земля) палеопротерозойские структуры Муно и Гирвас сопоставимы с вулканами Фернандина и Дарвин в тектонической зоне Галапагосских о-вов (Эйбль-Эйбесфельдт, 1971). Последние находятся на разломе, разделяющем океанические плиты Кокос и Наска («Галапагосский клин»), являющемся трансформным относительно Андийской впадины, и цепь палеопротерозойских вулканов Лой, Укша, Конч, Муно, Гирвас и, возможно, другие сформированы на активизированном в палеопротерозое – людиковии палеорифте в южной части эпиархейской континентальной литосферной плиты. По химизму толеитовые и оливиновые базальты Галапагосских о-вов (Апродов, 1982) сопоставимы с преобладающими базальтами нормальной щелочности и оливинсодержащими субвулканическими силлами заповедника «Кивач» и окрестных территорий.

Вулкан Муно, формировавшийся на разломе, имел кратер не менее 6 км (рис. 15), что не противоречит наблюдаемому геологическому строению окрестностей оз. Мунозеро. Как и Галапагосские,

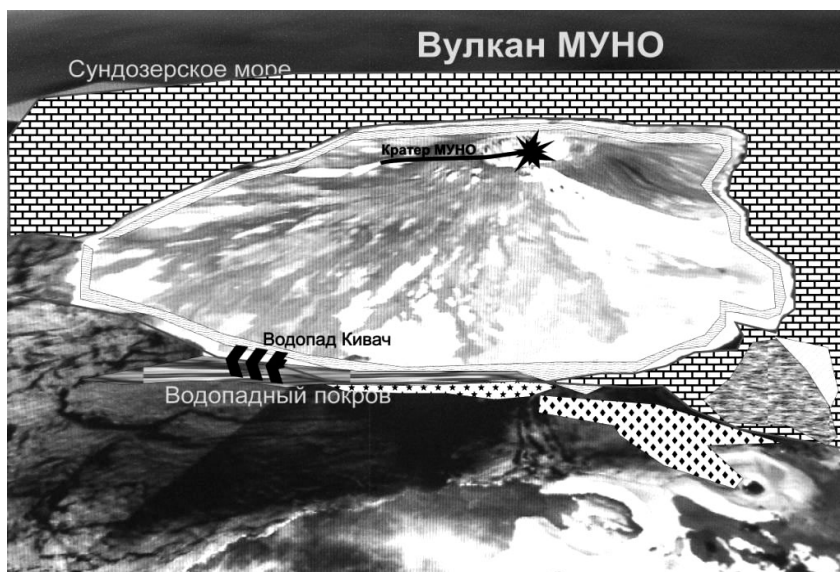


Рис. 15. Модель вулкана Муно

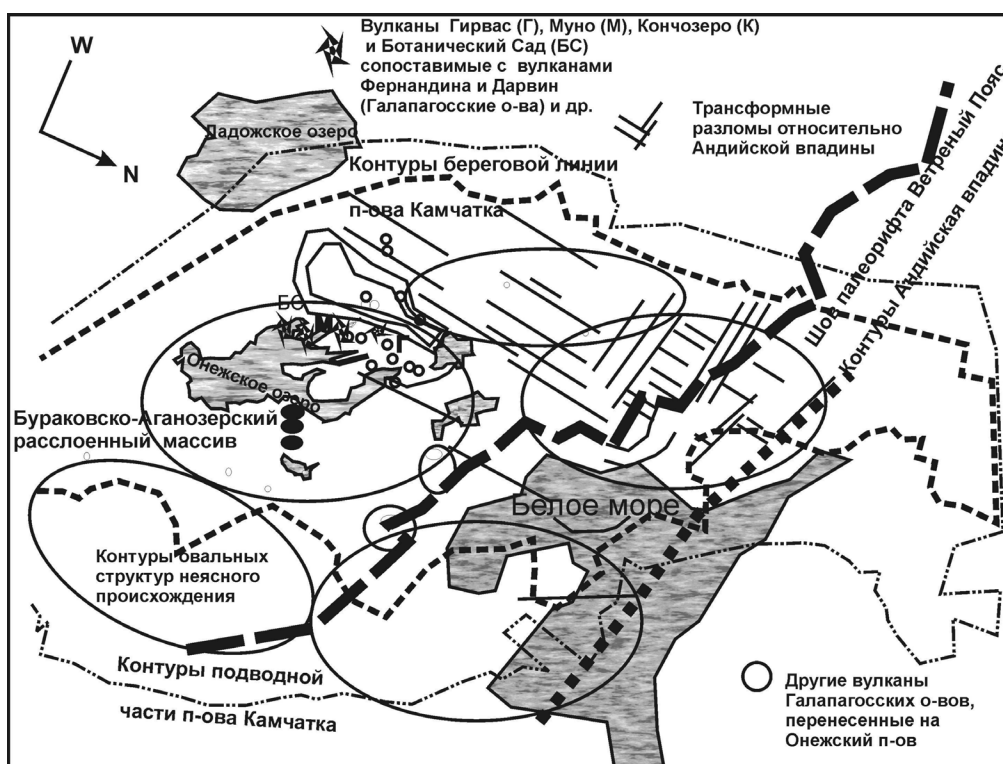


Рис. 16. Местоположение ЮВ Фенноскандии и вулкана Муно относительно современных вулканов на стыке тектонических плит в океанах и островной дуги в пределах п-ова Камчатка

вулканы Муно и Гирвас были окружены мелководным прогреваемым морем (Сундозерским – ?) с широко проявленными синезелеными водорослями по их периферии, которые сохранились в виде построек строматолитов. Пачки шунгитов (газогидратных выбросов – ?) среди потоков лав и многочисленные гидротермальные проявления с соответствующей минерализацией – характерные черты данного вулкана. Авторами предполагается, что водопад Кивач расположен на краю лавового покрова Водопадный, излияние которого обязано активизации подвулканной камеры (силл Правобережный).

Рассматриваемые вулканы связаны с мантийным людикийским плюмом, который проявился в восточной части Фенноскандии около 2 млрд лет (Суйсарский..., 1999 и др.) на площади более 500 тыс. км<sup>2</sup>. Необходимо подчеркнуть, что по своим масштабам и вещественному составу палеовулканы Онежской структуры не сравнимы с современными вулканами Камчатского п-ова, поскольку они формировались в разных геодинамических обстановках: первые – на внутриконтинентальной коре, а вторые – в зонах сочленения континент – океан (рис. 16).



*Благодарности.* Авторы признательны Н. В. Шарову за предоставленные материалы по тепло- полю и консультации при написании рабо-

ты, А. Н. Терновому за активное участие в исследовании минерального состава пород.

## ЛИТЕРАТУРА

- Апродов В. А.* Вулканы. М., 1982. 367 с.
- Голубев А. И., Светов А. П.* Геохимия базальтов платформенного вулканизма Карелии. Петрозаводск, 1983. 192 с.
- Глубинное строение и сейсмичность Карельского кратона и его обрамления* / Под ред. Н. В. Шарова. Петрозаводск, 2004. 353 с.
- Горный В. И., Шилин Б. В., Ясинский Г. И.* Тепловая аэрокосмическая съемка. М., 1993. 128 с.
- Демидов И. Н., Лукашов А. Д., Ильин А. В.* Рельеф заповедника «Кивач» и история развития северо-запада Прионежья в четвертичном периоде // Тр. Карельского НЦ РАН. Вып. 10. Петрозаводск, 2006. С. 22–33.
- Заварзин Г. А.* Лекции по природоведческой микробиологии / Отв. ред. Н. Н. Колотилова. М., 2004. 348 с.
- История Земли* в галактических и солнечных циклах / Куликова В. В., Куликов В. С., Бычкова Я. В., Бычков А. Ю. Петрозаводск, 2005. 250 с.
- Куликов В. С., Куликова В. В.* Объект 5. Водопад Кивач // Путеводитель геологических экскурсий по Карелии. Петрозаводск, 2000. С. 43–47.
- Петров П. Ю.* Модель морфогенеза строения щитов // Литология и полезные ископаемые. 1996. № 3. С. 258–269.
- Петрохимические серии* магматических пород (анализ состояния и проблемы систематизации, предпочтительные модули химических элементов, новые направления) / Куликова В. В., Куликов В. С., Ефремова С. В. и др. Петрозаводск, 2001. 115 с.
- Попова Э. К., Кутенков А., Сухов А. В. и др.* Государственный природный заповедник «Кивач»: Проспект к 75-летию заповедника. Петрозаводск, 2006. 16 с.
- Суйсарский* пикрит-базальтовый комплекс палеопротерозоя Карелии / Куликов В. С., Пухтель И. С., Лавров Б. С. и др. Петрозаводск, 1999. 96 с.
- Эйбль-Эйбесфельдт И.* Зачарованные острова Галапагосы / Пер. с нем. М., 1971. 175 с.
- Яковлева В. В., Савина А. М.* Геологическая карта СССР. Серия Карельская. Лист Р-36-ХV1. Объяснительная записка. М., 1962. 94 с.
- Geological map of the Fennoscandian Shield. 1 : 2 000 000* (Koistinen ed.). Helsinki, 2001.