

## Стратиграфия Кейвского террейна: обзор

Мудрук С.В.

*Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, s.mudruk@ksc.ru*

**Аннотация.** В статье представлен обзор актуальных стратиграфических схем Кевского террейна Лапландско-Кольского коллизионного орогена. Показано, что одни и те же реально существующие и картируемые геологические образования различными авторами объединяются в серии, свиты и толщи с отличающимися названиями. Отмечена дискуссионность терминов «лебяжинские гнейсы» и «кейвские сланцы». Подчёркнута необходимость проведения дополнительных исследований с целью корреляции аналогов умбинской свиты варзугской серии по (Белоліпецкий и др., 1980) с разрезом структуры Имандра Варзуга или выделению их в самостоятельную стратиграфическую единицу.

**Ключевые слова:** стратиграфия, Кейвский террейн, кейвские сланцы, лебяжинские гнейсы, Фенноскандинавский щит.

## Stratigraphy of the Keivy terrain: a review

Mudruk S.V.

*Geological Institute, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences, Apatity, s.mudruk@ksc.ru*

**Abstract.** The article presents an overview of the current stratigraphic schemes of the Keivy terrain of the Lapland-Kola collisional orogen. It is shown that the same real and mappable geological formations are combined by different authors into series, suites and strata with different names. The debatability of the terms «Lebyazhka gneisses» and «Keivy shists» is noted. The need for additional research is emphasized to correlate analogues of the Umba Formation of the Varzuga Group according to (Belolipetsky et al., 1980) with the section of the Imandra-Varzuga structure or to separate them into an independent stratigraphic unit.

**Keywords:** stratigraphy, Keivy terrain, Keivy schists, Lebyazhka gneisses, Fennoscandian Shield.

### **Введение**

Кейвский террейн (рис. 1) расположен в центральной части Кольского региона и является составной частью архейской Кольской провинции северо-восточного форланда палеопротерозойского Лапландско-Кольского коллизионного орогена. Стратиграфический разрез Кейвского террейна считается здесь самым полным и принимается в качестве опорного для сводной стратиграфической схемы докембрия восточной части Кольского региона (Белоліпецкий и др., 1980) и даже всего кольского докембрия (Мирская, 1979; Радченко и др., 1994).

Тем не менее, к настоящему времени разработано большое количество стратиграфических схем (например, Соколов, 1940, 1958; Харитонов, 1966; Мирская, 1972, 1979), в которых одни и те же реально существующие и картируемые геологические тела объединяются в различные серии, свиты и толщи. Разночтения имеются даже в тех стратиграфических схемах, которые являются основой для современных геологических карт Кольского региона (Радченко и др., 1994; Ремизова и др., 2007).

Обычно принимается, что каждое стратиграфическое подразделение кейвского разреза фиксирует самостоятельный этап осадконакопления и отделено от подстилающих образований перерывами, соответствующими палеогеографической и палеотектонической перестройке. В работах последних лет также указывается на то, что разрез Кейв может являться тектоностратиграфическим (Минц, 2010; Балаганский и др., 2011; Бушмин и др., 2011; Mudruk et al., 2022).

### **Стратиграфия Кейвского террейна**

За базовую в настоящей работе принята стратиграфическая схема из (Ремизова и др., 2007), как наиболее современная и опирающаяся на результаты детальных геолого-съёмочных работ В.Г. и Л.А. Гаскельберг (рис. 2), (Белоліпецкий и др., 1980).

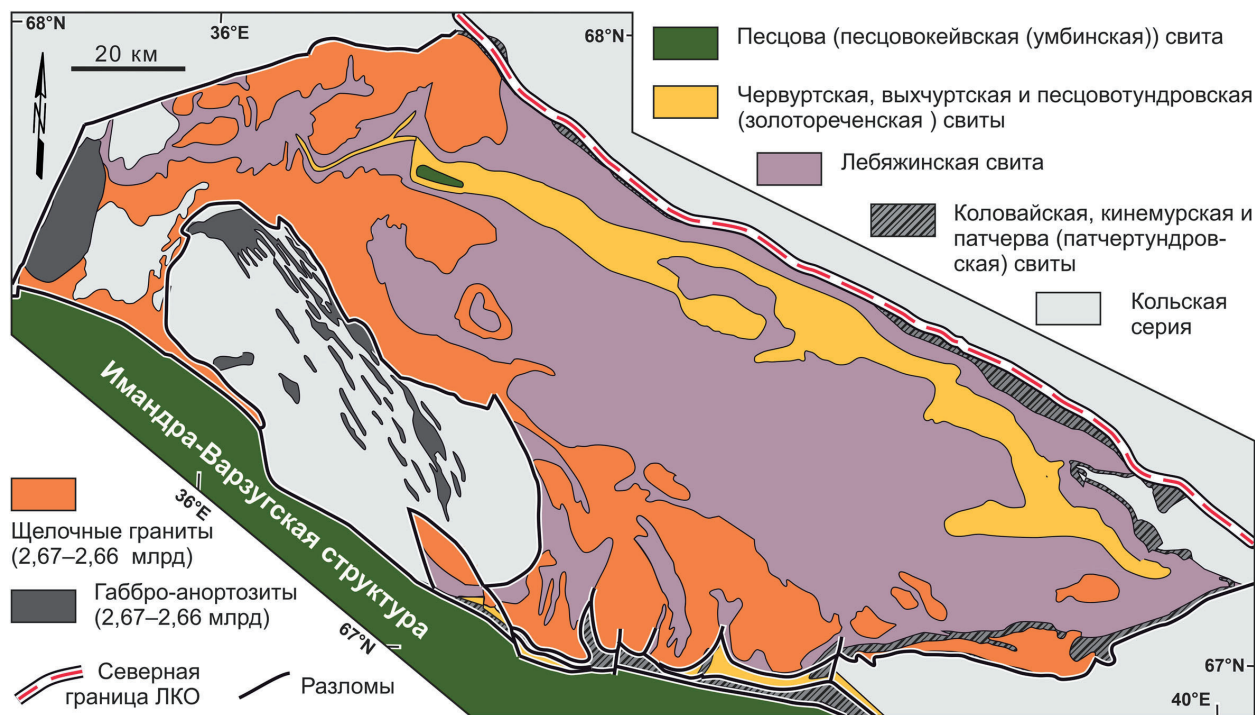


Рис. 1. Геологическая карта Кейвского террейна по (Геологическая карта..., 1996) с упрощениями и дополнениями. Основные названия свит даны по (Радченко и др., 1994), в скобках даны альтернативные названия по (Ремизова и др., 2007) и (Белолипецкий и др., 1980) в двойных скобках. ЛКО – Лапландско-Кольский ороген.

Fig. 1. Geological map of the Keivy terrain after (Geological map..., 1996), simplified and supplemented. Common names of formations are as per (Radchenko et al., 1994), alternative names as per (Remizova et al., 2007) are bracketed and as per (Belolipetsky et al., 1980) are double bracketed. ЛКО – Lapland-Kola orogen.

| Белолипецкий и др., 1980 |   | Бельков, 1963   |                                    | Радченко и др., 1994                    |                         | Ремизова и др., 2007                    |                                 |   |  |
|--------------------------|---|-----------------|------------------------------------|---|-------------------------|---|---------------------------------|---|--|
| Серия                    | Свита/толща                                 | Пачка           | Свита/серия/толща                  | Свита (толща)                           | Серия                   |   |                                 |   |  |
| Варзугская               | Умбинская свита<br>725-925 м                | Ж<br>Е          | Песцовая серия<br>1000-1150 м      | Песцовокейская свита<br>725-925 м       | Песцово-<br>тундровская | Песцовокейская свита<br>725-925 м       |                                 |   |  |
| Песцово-<br>тундровская  | Золотореченская свита<br>70-450 м           | Д               | Песцовотундровская свита<br>1100 м | Золотореченская свита<br>450 м          |                         | Золотореченская свита<br>450 м          | Золотореченская свита<br>450 м  |   |  |
|                          | Малокейвская свита<br>30-200 м              |                 |                                    | Малокейвская свита<br>200 м             |                         | Малокейвская свита<br>200 м             | Малокейвская свита<br>200 м     | Малокейвская свита<br>200 м             |  |
| Кейвская                 | Выхчуртская свита<br>0-710 м                | Г<br>В          | Выхчуртская свита                  | Выхчуртская свита<br>500-710 м          | Кейвская                | Выхчуртская свита<br>500-710 м          |                                 |   |  |
|                          | Червуртская свита<br>45-580 м               | Б<br>А          | Червуртская свита                  | Червуртская свита<br>600-1050 м         |                         | Червуртская свита<br>600-1050 м         | Червуртская свита<br>600-1050 м |   |  |
| Тундровая                | Лебяжинская свита<br>270-1500 м             | Тундровая свита | Лебяжинская толща<br>2500 м        | Лебяжинская свита<br>980-1300 м         | Понойская               | Лебяжинская свита<br>980-1300 м         |                                 |   |  |
|                          | Патчерв-<br>тундровская свита<br>800-1000 м |                 | Устьюгоньская толща<br>800-1000 м  | Свита патчерва<br>1000 м                |                         | Патчерв-<br>тундровская свита<br>1500 м | Устьюгоньская толща<br>1600 м   | Патчерв-<br>тундровская свита<br>1500 м |  |
|                          | Коловайская толща<br>800-1000 м             |                 | Кинемурская толща<br>800-1000 м    | Коловайская, кинемурская свиты<br>500 м |                         | Коловайская толща<br><1000 м            | Кинемурская толща<br>>1000 м    | Коловайская толща<br><1000 м            |  |

Рис. 2. Стратиграфические схемы Кейвского террейна по (Бельков, 1963; Белолипецкий и др., 1980; Радченко и др., 1994; Ремизова и др., 2007), являющиеся самыми распространёнными.

Fig. 2. Stratigraphic schemes of the Keivy terrain after (Bel'kov, 1963; Belolipetsky et al., 1980; Radchenko et al., 1994; Remizova et al., 2007) considered the most widespread.

Как видно из рисунка 2, в основании стратиграфического разреза Кейв развиты *коловайская* и *кинемурская толщи* (Ремизова и др., 2007) или свиты (Радченко и др., 1994), залегающие на архейском (преимущественно гранитогнейсовом) фундаменте (*кольская серия*).

Супракрустальные породы, относимые к этим двум стратиграфическим единицам, залегают на комплексе основания с тектоническим несогласием (Мирская, 1972) и описываются в ранге толщ из-за отсутствия нижнего стратиграфического контакта (Ремизова и др., 2007). В работе (Радченко и др., 1994) описываемые стратиграфические единицы рассматриваются в ранге свит и отмечается базальный характер *коловайской свиты* по наличию в ней конгломератов с галькой гранитоидов (Мирская, 1972). *Коловайская толща* сложена амфибол-биотитовыми, биотитовыми со ставролитом и двуслюдяными гнейсами, плагиосланцами и линзами конгломератов (Белолипецкий и др., 1980). Эти породы по своему химическому составу интерпретируются как полимиктовые песчаники и туффиты кислого состава (Предовский и др., 1987) прослеживаясь на дневной поверхности вдоль северо-восточной границы Кейвского террейна, а также между цагинскими габброанортозитами и расположенными севернее породами фундамента. *Кинемурская толща* выделена как стратиграфический аналог *коловайской* (Белолипецкий и др., 1980) и обнажается на юге террейна к востоку от Верхне-Понойского блока. Толща сложена биотитовыми и двуслюдяными (обычно с гранатом) гнейсами и плагиосланцами.

*Патчервтундровская свита* (Ремизова и др., 2007; *свита патчерва* по Радченко и др., 1994) и *устьюгоньская толща* (Белолипецкий и др., 1980; Ремизова и др., 2007). Породы коловайской и кинемурской свит трансгрессивно перекрываются образованиями патчервтундровской свиты и коррелируемой с ней устьюгоньской толщи (Белолипецкий и др., 1980). Последняя в стратиграфической схеме (Радченко и др., 1994) отсутствует и, видимо, включена в состав вышележащей лебяжинской свиты (толщи). *Патчервтундровская свита* представлена амфибол-биотитовыми и биотит-амфиболовыми плагиосланцами, амфиболитами по андезибазальтам и андезитам (часто встречаются миндалекаменные, порфиновые, бластоофитовые разновидности). *Устьюгоньская толща* сложена биотитовыми гнейсами (часто с мусковитом и гранатом), двуслюдяными гнейсосланцами и плагиосланцами с прослоями амфиболовых, амфибол-биотитовых плагиосланцев и амфиболитов.

Таким образом, в работе (Белолипецкий и др., 1980) в разных частях Кейвского террейна выделяется два типа так называемого «долебяжинского разреза» (стратиграфических единиц, расположенных ниже *Лебяжинской свиты (толщи)*, (рис. 2) – коловай-патчервтундровские и кинемур-устьюгоньские ассоциации пород. В работе (Радченко и др., 1994) долебяжинская часть разреза Кейв состоит из двух уровней – коловайская и кинемурская свиты (1) и залегающая на них свита патчерва (2).

*Лебяжинская свита* (Белолипецкий и др., 1980; Ремизова и др., 2007) или толща (Радченко и др., 1994) залегают выше по разрезу согласно (Белолипецкий и др., 1980) или с предполагаемым несогласием (Ремизова и др., 2007) и включает биотитовые (с мусковитом и гранатом) гнейсы; тонкозернистые и мезолейкократовые лептиты за которыми в литературе закрепилось название «лебяжинские гнейсы». *Лебяжинская свита* подразделяется на нижнюю и верхнюю подсвиты. В резко подчиненном количестве в пределах *лебяжинской свиты* развиты кварц-полевошпатовые породы и амфиболиты, сохраняющие текстурно-структурные признаки вулканитов (Мирская, 1971, 1976) и, реже, осадочных пород (Бельков, 1963). Доля осадочных пород в составе свиты минимальная. Большинство пород интерпретируются как продукты щелочного метасоматоза кислых метаэффузивов (Белолипецкий и др., 1980; Радченко и др., 1994).

U-Pb (TIMS) возраст *лебяжинской свиты*, определённый по циркону из кислых метатупфов района Малых Кейв по верхнему пересечению дискордии с конкордией равен  $2871 \pm 15$  млн. лет (Баянова, 2004; Беляев и др., 2001). По результатам датирования кислых метавулканитов в стратотипическом районе развития *лебяжинской свиты* (юго-западное подножие г. Шуурурта) их возраст составил  $2678 \pm 7$  млн. лет (конкордантный U-Pb (SIMS, SHRIMP II) возраст циркона (Balagansky et al., 2021)). Интересно, что ранее возраст этих же пород Pb-Pb методом по валовой пробе оценивался в  $2740 \pm 100$  млн. лет при Pb-Pb возрасте цирконов 2630 млн. лет (Пушкарёв и др., 1978; Пушкарёв, 1990).

*Кейвская серия.* На породах *лебяжинской свиты* структурно согласно залегают *червуртская* и *выхчуртская свиты* – породы, относимые к *кейвской свите* (Бельков, 1963) или *серии* (Бельков и др., 1971; Белолипецкий и др., 1980; Ремизова и др., 2007). При этом следует уточнить, что по И.В. Белькову в состав *кейвской серии* или *свиты* включается вся часть стратиграфического разреза расположенная выше лебяжинской свиты, тогда как другие геологи (Белолипецкий и др., 1980 и Радченко и др., 1994) в состав серии включают только часть этого разреза (рис. 1). Породы *кейвской серии* полосой шириной от 1 до 10 км протягиваются среди лебяжинских гнейсов от р. Пессарьёк на северо-западе Кейвского террейна до устья р. Ачи на юго-востоке и слагают почти всю горную гряду Большие Кейвы. Протяженность полосы сланцев между хр. Серповидный и устьем р. Ача составляет 150 км. К *кейвской серии* также относят породы, слагающие полосу шириной до 2 км и протяженностью 20 км на Малых Кейвах (Козлов, Радченко, 1970).

Надо подчеркнуть, что существуют разные мнения в отношении характера границы между породами *лебяжинской свиты* и *кейвской серии*. В работе (Бельков, 1963) отмечается согласное залегание сланцев *кейвской серии* на нижележащих гнейсах. По (Мирская, 1972; Загородный, Радченко, 1983) породы *кейвской серии* залегают на *лебяжинской свите* со значительным стратиграфическим и угловым несогласиями, подчеркнутым корой выветривания по гнейсам (Мирская, 1976; Радченко и др., 1994). В работах (Белолипецкий и др., 1980; Ремизова и др., 2007) указано, что граница *кейвской серии* и *лебяжинской свиты* структурно согласна на всём протяжении, кроме участка точнее Верхне-Понойского блока, где структурное несогласие не выявлено, но отмечается стратиграфическое несогласие.

*Червуртская свита* представлена существенно кианитовыми и ставролит-кианитовыми, часто с плагиоклазом углеродистыми сланцами, гранат-ставролитовыми и мусковитовыми сланцами (присутствуют метатуфоалевролиты аркозовые метапесчаники, конгломерато-брекции, туфоконгломераты) и имеет двучленное строение. Нижняя и верхняя подсвиты сопоставляются с пачками А и Б по И.В. Белькову (1963).

*Выхчуртская свита* сложена плагио-кианит-ставролитовыми, плагиоставролитовыми углеродистыми сланцами и кварцитами, которые согласно залегают на нижележащих образованиях (Белолипецкий и др., 1980). Свита имеет двучленное строение, при этом нижняя и верхняя подсвиты отвечают пачкам В и Г (Бельков, 1963, рис. 2). В сланцах *червуртской* и *выхчуртской свит* отмечается большое количество пластовых тел ортоамфиболитов (Бельков, 1963; Мирская, 1978; Белолипецкий и др., 1980).

Сланцы *червуртской* и *выхчуртской свит* интерпретируются как терригенные высокодифференцированные метаосадки, образовавшиеся в спокойном осадочном бассейне (Бельков, 1963) и являющиеся метаморфизованными продуктами дезинтеграции и переотложения коры выветривания подстилающих пород (Мирская, 1976; Белолипецкий и др., 1980). В последние годы развиваются представления о том, что среди кейвских парасланцев в большом количестве по сдвиговым зонам развиты метасоматиты, одной из главных разновидностей которых являются крупно- и гигантозернистые кианитовые сланцы (Бушмин и др., 2011). Надёжные изотопные данные по возрасту пород кейвской серии отсутствуют и они оцениваются как архейские (Бельков, 1963; Радченко и др., 1994), так и палеопротерозойские (Белолипецкий, 1980; Мележик и др., 1988; Минц и др., 2015; Melezhhik, Hanski, 2013; Mudruk et al., 2022).

*Песцовотундровская серия.* Породы этой серии залегают на нижележащих образованиях несогласно (Мирская, 1979; Белолипецкий и др., 1980), отвечают пачке Д по И.В. Белькову (1963) рис. 2) и представлены преимущественно слюдяно-кварцевыми сланцами. Серия подразделяется на *малокейвскую* и *золоторечинскую свиты* по (Белолипецкий и др., 1980) или *малокейвскую*, *золоторечинскую* и *песцовокейвскую свиты* по (Ремизова и др., 2007), или выделяется в ранге *песцовотундровской свиты* (Радченко и др., 1984).

*Малокейвская свита* представлена мусковитовыми сланцами с гранатом и биотитом, аркозовыми метапесчаниками, полимиктовыми конгломератами.



*Золотореченская свита* сложена двуслюдяными с гранатом и ставролитом сланцами, аркозовыми кварцито-песчаниками, слюдяно-кварцевыми сланцами, кварцевыми конгломератами. Породы свиты развиты в районе хр. Серповидного, а также в ядрах крупных изоклинальных складок в Центральных и Восточных Кейвах.

Возраст осадочных пород малокейвской и золотореченской свит не определён, но Sm-Nd модельный (DM) возраст кварц-мусковит-кианит-ставролитового сланца из района хр. Серповидного равен 2.81 млрд. лет, при этом  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  возрасты детритовых цирконов группируются около значения 2.75 млрд. лет (Bridgwater et al., 2001). Эти данные предполагают происхождение этих пород за счет мезо- и неоархейского ювенильного материала, то есть их накопление могло происходить как в самом конце неоархея, так и в палеопротерозое.

*Песцовокейвская свита*. Заканчивают стратиграфический разрез Кейвского террейна двуслюдяные, гранат-биотитовые, амфиболовые плагиосланцы с пачками амфиболитов; амфиболиты, эпидотизированные метамандельштейны, метапорфиры; карбонатные породы, двуслюдяные метапесчаники и гранат-ставролит-биотитовые сланцы *песцовокейвской свиты* (Геология СССР, 1958; Бельков, 1963; Белолипецкий и др., 1980). Свита состоит из трёх толщ (терригенная, эффузивная и карбонатно-терригенная), породы которых литологически и петрохимически близки к образованиям *умбинской свиты варзугской серии* Имандра-Варзугской структуры (Белолипецкий и др., 1980; Негруца, 1984; Минц и др., 2010) в ранге которой и выделяются. В.Г. Загородный и А.Т. Радченко (1988) также считают, что по возрасту эти породы следует сопоставлять с породами *варзугской серии*, но при этом указывают на то, что их нельзя прямо и полностью коррелировать с породами *умбинской свиты* и предлагают выделять их в ранге самостоятельной стратиграфической единицы – *песцовой серии* (Радченко и др., 1994). В работе (Ремизова и др., 2007) отмечается, что карбонатно-терригенная и эффузивная толщи свиты хорошо коррелируются с ятулийскими толщами *умбинской свиты*, а терригенная толща может коррелироваться и с *нижнеильмозёрской подсвитой* варзугской серии Имандра-Варзугской структуры. Таким образом, эта часть разреза Кейв различными авторами объединяется в *песцовую серию* (Радченко и др., 1994) или *песцовокейвскую* (Ремизова и др., 2007) и *умбинскую* (Белолипецкий и др., 1980; Негруца, 1984; Минц и др., 2010) *свиты*. Породы этой свиты обнажаются только в районе хр. Серповидного, где они слагают ядерную часть Серповидной структуры (Белолипецкий и др., 1980; Mudruk et al., 2022), а Sm/Nd модельный возраст metabазальтов предполагает палеопротерозойский возраст вулканизма (Мыскова и др., 2014).

### **Заключение**

Как видно из обзора, изучению сводного стратиграфического разреза Кейвского террейна посвятили свои работы геологи не одного поколения, проделав огромную и очень важную работу по определению возрастов и корреляции его стратиграфических подразделений. Однако, как представляется автору, обилие стратиграфических схем, применяемых различными авторами, некоторые разночтения в названиях стратиграфических единиц (часто у одних и тех же авторов), а также несколько «вольное» отношение к терминам «толща», «свита» и «серия», нередко затрудняют понимание того, о каком именно интервале кейвского разреза идет речь. Особенно трудно разобраться в этих вопросах, когда Кейвский разрез характеризуется в статьях без ссылок на первоисточники и карты (например, см. работу (Митрофанов, Баянова, 2006)). При этом границы геологических единиц всегда интерпретируются одинаково, а вот их отнесение к той или иной части разреза остаётся дискуссионным. По мнению автора, чтобы избежать проблем с корреляцией стратиграфических образований Кейвского террейна, стоит выделить три важных направления будущих исследований:

1) Уточнить достаточно широко используемый термин «лебяжинские гнейсы». В результате геолого-съёмочных работ и тематических исследований Кейвского террейна и смежных структур (Белолипецкий и др., 1980) *коловайская*, *кинемурская*, *патчервтундровская* (*патчерва*) и *лебяжинская* стратиграфические единицы, то есть все толщи между архейским фундаментом и основанием кейвской серии Кейвского террейна, были объединены в *тундровую серию*, позже переименованную в *понойскую*. Эта же часть разреза рядом исследователей объединяется в *лебяжинскую серию*

(Мирская, 1972; Минц и др., 1996; Ветрин, Родионов, 2009), что вызывает разночтения в понимании термина «лебяжинский гнейс», который изначально применялся только к породам *лебяжинской свиты* (Белолипецкий и др., 1980). На геологической карте ГИ КНЦ РАН (Геологическая..., 1996; Радченко и др., 1994) выделяется *лебяжинская свита*, которая включает бóльший объем пород, видимо из-за включения в неё пород *устьюгоньской толщи* по (Белолипецкий и др., 1980) и *лебяжинская толща* гастингситовых гнейсов. Присоединение пород *устьюгоньской толщи* к *лебяжинской свите* по (Белолипецкий и др., 1980) требует дополнительных исследований или принятия соответствующего решения для всех актуальных стратиграфических схем, равно как и установление природы гастингситовых микроклинсодержащих гнейсов, которые в схемах (Белолипецкий и др., 1980; Ремизова и др., 2007) относятся к интрузивному комплексу щелочных гранитов.

2) Уточнить еще один важный для понимания стратиграфии Кейв термин – «кейвские сланцы». Термин «кейвские сланцы» также может включать либо породы только *червуртской* и *выхчуртской свит* (т.е. породы кейвской серии по (Ремизова и др., 2007)) либо породы *червуртской*, *выхчуртской* и *песцовотундровской стартиграфических единиц*, т.е. весь так называемый «постлебяжинский разрез» Кейвского террейна. Употребление термина «кейвские сланцы» требует или унификации, или объяснение того, о какой части разреза идёт речь в каждой работе.

3) Аналоги *умбинской свиты* варзугской серии по (Белолипецкий и др., 1980) требуют как дополнительных исследований по коррелиции этих образований с разрезом структуры Имандра-Варзуга, так и унификации названия стратиграфической единицы, в ранге которой они сейчас выделяются (*песцовая серия* (Радченко и др., 1994) или *песцовокейвская свита песцовотундровской серии* (Ремизова и др., 2007)).

## Литература

1. Балаганский В.В., Раевский А.Б., Мудрук С.В. Нижний докембрий Кейвского террейна, северо-восток Балтийского щита: стратиграфический разрез или коллаж тектонических пластин? // Геотектоника. 2011. № 2. С. 32–48.
2. Баянова Т.Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. СПб. Изд-во: Наука. 2004. 174 с.
3. Белолипецкий А.П., Гаскельберг В.Г., Гаскельберг Л.А., Антонюк Е.С., Ильин Ю.И. Геология и геохимия метаморфических комплексов раннего докембрия Кольского полуострова. Л. Изд-во: Наука. 1980. 238 с.
4. Бельков И.В. Кианитовые сланцы свиты Кейв. М.–Л. Изд-во: АН СССР. 1963. 322 с.
5. Бельков И.В., Загородный В.Г., Предовский А.А., Козлов М.Т., Рагозина А.Л. Опыт разработки сводной схемы стратиграфии докембрия Кольского полуострова // Стратиграфическое расчленение и корреляция докембрия северо-восточной части Балтийского щита. Л. Изд-во: Наука. 1971. С. 141–150.
6. Беляев О.А., Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б. и др. Позднеархейский возраст кислых метавулканитов района Малых Кейв (Кольский полуостров) // ДАН. 2001. Т. 379. № 5. С. 651–654.
7. Бушмин С.А., Глебовицкий В.А., Прасолов Э.М., Лохов К.И., Вапник Е.А., Савва Е.В., Щеглова Т.П. Происхождение и состав флюида, ответственного за метасоматические процессы в зонах сдвиговых деформаций тектонического покрова Большие Кейвы Балтийского щита: изотопный состав углерода графитов // ДАН. 2011. Т. 438. № 3. С. 379–383.
8. Ветрин В.Р., Родионов Н.В. Геология и геохронология неархейского анарогенного магматизма Кейвской структуры, Кольский полуостров // Петрология. 2009. Т. 17. № 6. С. 578–600.
9. Геологическая карта Кольского региона (северо-восточная часть Балтийского щита). Масштаб 1:500 000. Гл. ред. Ф.П. Митрофанов. Апатиты. ГИ КНЦ РАН. 1996.
10. Геология СССР. Т. 27. Мурманская область. Ред. Харитонов Л.Я. М. Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр. 1958. 714 с.
11. Загородный В.Г., Радченко А.Т. Тектоника раннего докембрия Кольского полуострова. Л. Изд-во: Наука. 1983. 93 с.
12. Козлов М.Т. Радченко А.Т. Стратиграфическое положение конгломератов района Малых Кейв (Кольский полуостров) // Природа и хозяйство Севера. Вып. 2. Ч. 1. Апатиты. 1970. С. 49–53.
13. Мележик В.А., Басалаев А.А., Предовский А.А., Балабонин Н.Л., Болотов В.И., Павлова М.А., Гавриленко Б.В., Абзалов М.З. Углеродистые отложения ранних этапов развития Земли (геохимия и обстановки накопления на Балтийском щите). Л. Изд-во: Наука. 1988. 197 с.
14. Минц М.В. Кейвская вулкано-тектоническая палеодепрессия // Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: Интерпре-

- тация материалов по опорному профилю I-ЕВ, профилям 4В и ТАТСЕЙС: В 2 т. М. Изд-во: ГЕОКАРТ: ГЕОС. 2010. Т. 1. С. 84–93.
15. Минц М.В., Глазнев В.Н., Конилов А.Н., Кунина Н.М., Никитичев А.П., Раевский А.Б., Седых Ю.Н., Ступак В.М., Фонарев В.И. Ранний докембрий северо-востока Балтийского щита: палеогеодинамика, строение и эволюция континентальной коры. М. Изд-во: Научный мир. 1996. 287 с.
  16. Мирская Д.Д. Новые данные о породах лебяжинской свиты // Материалы по геологии и металлогении кольского полуострова. Вып. 2. Апатиты. 1971. С. 31–35.
  17. Мирская Д.Д. К вопросу о стратиграфии центральной части Кольского полуострова // Материалы по геологии и металлогении Кольского полуострова. 1972. Вып. 3. Апатиты. С. 3–10.
  18. Мирская Д.Д. Древнейшие вулканогенные толщи восточной части Кольского полуострова и возможность их палеовулканологических реконструкций // Вулканизм докембрия. Петрозаводск Изд-во: Карелия. 1976. С. 73–81.
  19. Мирская Д.Д. Структура супракrustальных комплексов Вороньинско-Кейвского района // Тектоника и глубинное строение северо-восточной части Балтийского щита. Апатиты. Изд-во: КФ АН СССР. 1978. С. 20–27.
  20. Мирская Д.Д. О стратотипическом разрезе раннего докембрия на Кольском полуострове (Кейвская зона) // Стратиграфия архея и нижнего протерозоя СССР. Л. Изд-во: Наука. 1979. С. 42–46.
  21. Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б. Архейский Кейвский террейн Кольского коллизии – особая структура, длительно развивающаяся от протоплатформы к орогену // Области активного тектогенеза в современной и древней истории Земли. Т. 2. М. Изд-во: ГЕОС. 2006. С. 41–44.
  22. Мыскова Т.А., Балаганский В.В., Глебовицкий В.А., Львов П.А., Мудрук С.В., Скублов С.Г. Первые изотопные данные о палеопротерозойском возрасте амфиболитов хребта Серповидный, Кейвский террейн, Балтийский щит // ДАН. 2014. Т. 459. № 4. С. 484–489.
  23. Негруца В.З. Раннепротерозойские этапы развития восточной части Балтийского щита. Л. Изд-во: Наука. 1984. 270 с.
  24. Предовский А.А., Мележик В.А., Болотов В.И., Федотов Ж.А., Басалаев А.А., Козлов Н.Е., Иванов А.А., Жангуров А.А., Скуфьин П.К., Любцов В.В. Вулканизм и седиментогенез докембрия северо-востока Балтийского щита. Л. Изд-во: Наука. 1987. 185 с.
  25. Пушкарев Ю.Д., Кравченко Э.В., Шестаков Г.И. Геохронологические реперы докембрия Кольского полуострова. Л. Изд-во: Наука. 1978. 135с.
  26. Пушкарев Ю.Д. Мегациклы в системе кора-мантия. Л. Изд-во: Наука. 1990. 216 с.
  27. Радченко А.Т., Балаганский В.В., Басалаев А.А., Беляев О.А., Пожиленко В.И., Радченко М.К. Объяснительная записка к геологической карте северо-восточной части Балтийского щита масштаба 1:500000. Апатиты. Изд-во: КНЦ РАН. 1994. 95 с.
  28. Ремизова А.М., Семушина Н.А., Плотникова И.А. Объяснительная записка к геологической карте Мурманской области. Масштаб 1:200 000. Листы Q-37-I, II. Краснощелье. Редактор Ремизова А.М. // Отчёт о составлении обновлённой цифровой геологической карты Мурманской области масштаба 1:200 000. Книга 18. Апатиты. 2007. 117 с.
  29. Соколов П.В. Геология плато Кейв и свиты кейвских кристаллических сланцев // Большие Кейвы. Проблема кейвских кианитов. Л.–М. Гос. науч. техн. изд-во нефт. и горно-топл. лит-ры. 1940. С. 35–50 (Сб. № 5 Ленинградского геологического управления).
  30. Соколов П.В. Свита кейв // Геология СССР. Т. XXVII. Мурманская область. Часть 1. Геологическое описание. М. Изд-во: Госгеолтехиздат. 1958. С. 180–246.
  31. Balagansky V.V., Myskova T.A., Lvov P.A., Larionov A.N., Gorbunov I.A. Neoproterozoic A-type acid metavolcanics in the Keivy Terrane, northeastern Fennoscandian Shield: geochemistry, age, and origin // Lithos. 2021. 380-381. 105899. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2020.105899>.
  32. Bridgwater D., Scott D.J., Balagansky V.V., Timmerman M.J., Marker M., Bushmin S.A., Alexeyev N.L., Daly J.S. Age and provenance of Early Precambrian metasedimentary rocks in the Lap-land-Kola Belt, Russia: evidence from Pb and Nd isotopic data // Terra Nova. 2001. V. 13. No. 1. P. 32–37. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3121.2001.00307.x>.
  33. Melezhik V.A., Hanski E.J. The Early Palaeoproterozoic of Fennoscandia: geological and tectonic settings // Reading the Archive of Earth's Oxygenation. Vol. 1: The Palaeoproterozoic of Fennoscandia as context for the Fennoscandian Arctic Russia–Drilling Early Earth Project. Berlin Heidelberg: Springer Verlag. 2013. P. 33–38. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-29682-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29682-6_3).
  34. Mudruk S.V., Balagansky V.V., Raevsky A.B., Rundkvist O.V., Matyushkin A.V., Gorbunov I.A. Complex shape of the Palaeoproterozoic Serpovidny refolded mega-sheath fold in northern Fennoscandia revealed by magnetic and structural data // Journal of Structural Geology. 2022. V. 154. 104492. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2021.104492>.