

ГЕОЛОГИЯ

УДК 55+55.71/.72

**НОВАЯ ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ
ФЕННОСКАНДИИ И ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ
МЕЛКОМАСШТАБНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ
ДОКЕМБРИЙСКИХ РЕГИОНОВ**

В.С. КУЛИКОВ, В.В. КУЛИКОВА, А.К. ПОЛИН

*Институт геологии Карельского НЦ РАН
185910, Россия, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11; e-mail: vkulikova@yandex.ru*

Разработана новая хроностратиграфическая схема Юго-Восточной Фенноскандии, базирующаяся на Международной стратиграфической шкале, с учётом отдельных элементов Общей стратиграфической шкалы России и региональной стратиграфической схемы Северо-Запада России. Определён ранг стратонов архея и протерозоя (в том числе суперсистем для рифея и геонотем архея), сопоставимых по длительности формирования с системами мезозоя и палеозоя. Предложены оригинальная цветовая окраска для геологических карт вновь выделяемых систем и их аналогов в докембрии и цифровая индексация всех стратонов ранга систем вместо традиционной буквенной. Создана Обзорная геологическая карта Юго-Восточной Фенноскандии масштаба 1:750 000, включающая территорию Карелии и прилегающих районов Российской Федерации и Восточной Финляндии. Предложенная хроностратиграфическая схема может служить базой для разработки легенд мелкомасштабных государственных геологических карт нового поколения, особенно в регионах развития докембрия.

Ключевые слова: Фенноскандинавский щит; Республика Карелия; докембрий; стратиграфия; геохронология.

**NEW CHRONOSTRATIC SCHEME OF SOUTH-EASTERN FENNOSCANDIA
AND ITS USE IN THE PREPARATION OF SMALL-SCALE GEOLOGICAL MAPS
OF THE PRECAMBRIAN REGIONS**

V.S. KULIKOV, V.V. KULIKOVA, A.K. POLIN

*Federal State Budget Scientific Institution «The Institute of Geology at the Karelian Research Centre, RAS»
185910, Russia, Petrozavodsk, Pushkinskaya str, 11; e-mail: vkulikova@yandex.ru*

A new chronostratic scheme of South-East (SE) Fennoscandia has been developed, based on the International Stratigraphic Scale, taking into account some elements of the Common Stratigraphic Scale of Russia and the regional stratigraphic scheme of the North-West (NW) of Russian Federation. A rank of Archean and Proterozoic strata has been determined (including supersystems for Riphean and Archean geonotems), comparable in duration to the Phanerozoic systems (Mesozoic and Paleozoic ones). An original coloring for the geological maps of the newly allocated systems and their analogues in the Precambrian, as well as the digital indexing of all strata of the rank of systems instead of the traditional alphabetic one, have been proposed. Based on the extensive geological materials of the Institute of Geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, in view of the new approaches and reliable geochronological data, an areal geological map of SE Fennoscandia in scale 1: 750 000 has been created, which includes the territory of Karelia and adjacent areas of the Russian Federation and eastern Finland. The proposed chronostratic scheme can serve as a basis for developing legends of small-scale state geological maps of the new generation, especially in the regions of the Precambrian development.

Keywords: Fennoscandian shield; the Republic of Karelia; Precambrian; stratigraphy; geochronology.

Составление полистной Государственной геологической карты России масштаба 1:1 000 000 (3-е поколение) и карт масштаба 1:200 000 [2] для основной части страны и акватории окружающих её морей, как предполагается, завершится в 20-е гг. XXI в. В дальнейшем планируются картографические работы и оценка минерально-сырьевого потенциала государства с учётом международного опыта в области наук о Земле и достижений организациями Министерства природных ресурсов и экологии, Российской академии наук и вузов. Карелия, как часть Северо-Запада России, являясь одной из типовых областей распространения архея и палеопротерозоя, вместе с северными странами Европы (Финляндия, Швеция и Норвегия) расположена в пределах Фенноскандинавского (Балтийского) щита [14] и относится к ключевому международному полигону для изучения ранней истории Земли. Коллектив геологов-докембристов Института геологии Карельского научного центра РАН, объединив авторские материалы многолетних геологических исследований региона с использованием обобщённых картографических работ других организаций [1, 4, 14] и современных ГИС-технологий, создал вариант мелкомасштабной (1:750 000) геологической карты территории Карелии и прилегающих районов Мурманской, Архангельской, Вологодской и Ленинградской областей, а также Восточной Финляндии. Основные результаты исследований опубликованы в [7]. В данной статье на примере Юго-Восточной Фенноскандии рассмотрены вопросы методики и поиск новых путей для создания подобных карт для других докембрийских регионов.

Новые подходы и приёмы при составлении «Обзорной геологической карты Юго-Восточной Фенноскандии (ОГК)»

На основании тектонического районирования [1, 3, 7, 13] рассматриваемая территория со сложным геологическим строением, в котором участвуют породные комплексы с возрастом от 3,5 (палеоархей) до 0,26 млрд. лет (поздний палеозой), площадью более 320 000 км² относится к Восточно-Европейской платформе и разделена на два региона: Юго-Восточную часть Фенноскандинавского (Балтийского) щита и Северо-Западную часть Русской плиты (рис. 1).

В составе щита выделены три палеопротерозойские тектонические провинции (Беломорская, Карельская и Свекофеннская), отличающиеся по слагающим их структурно-вещественным комплексам и времени формирования, а также две авлакогенные структуры мезо—неопротерозоя (Ладожская и Кандакшско-Онежская). Допротерозойский фундамент представлен палео—мезо- и неоархейскими зеленокаменными поясами и нерас-

членёнными полями архейских тоналит-трондьемит-гранодиоритовых комплексов (ТТГ), а также гранитоидов, амфиболитов и гнейсов. При разработке новой хроностратиграфической схемы территории и легенды к карте учитывались новые данные и современные представления, касающиеся вопросов стратиграфии, геохронологии, магматизма, тектоники и метаморфизма, поскольку Международная (МСШ) [17] и Российская (ОСШ) [12] стратиграфические шкалы в полной мере не отражают всё многообразие строения докембрийского региона.

Стратиграфия и геохронология. В качестве стратиграфической основы ОГК в ранге эонотем и эратем для докембрия и систем фанерозоя и венда принята МСШ, утверждённая XXXI Международным геологическим конгрессом по предложению Международного союза геологических наук в 2000 г. (с последующими уточнениями). Такое решение обусловлено более простой и легко воспринимаемой её структурой, единой для фанерозоя и докембрия в отличие от российской ОСШ [8]. В 2016 г. в Институте геологии КарНЦ РАН была разработана новая Хроностратиграфическая схема докембрия Юго-Восточной Фенноскандии, включающая стратоны трех рангов: 1 — эонотемы, 2 — эратемы и 3 — системы и их аналоги. Подразделения 1- и 2-го рангов в основном соответствуют по объёму и границам таковым МСШ. Подразделения 3-го ранга в связи с их разной степенью изученности и наличием недостаточных геологических и геохронологических данных получили разные названия. Для палеозоя и венда они отнесены к системам МСШ и ОСШ, мезо- и неопротерозоя — суперсистемам, а архея — геонотемам (таблица). Применён единый подход к разделению геологического времени на отрезки, сопоставимые как в истории докембрия, так и фанерозоя. При этом в фанерозое это геологические периоды со средней продолжительностью для мезозоя и палеозоя более 56 млн. лет (при колебаниях от 28 до 80 млн. лет) [17], в палеопротерозое — около 100 млн. лет, и им соответствуют надгоризонты региональной стратиграфической схемы Северо-Запада СССР [3, 9] от сумия до вепсия. Последним придается ранг систем [5, 10, 15], например, в 1908 г. член-корреспондент РАН В. Рамсей называл образования некоторых из них системами (ятулийская и калевийская) [18].

В мезо- и неопротерозое России в качестве системы выделен только венд (эдиакарий, по МСШ). Авторы предлагают временно использовать термин «суперсистема» для нижнего, среднего и верхнего рифея вместо принятых в ОСШ одноимённых «эратем» (таблица). Продолжительность их формирования от 200 до 350 млн. лет экстремальна для протерозоя и требует дальнейшего изучения, также как и весьма продолжительных «систем» протерозоя в МСШ [17], которые в нашей схеме не ис-

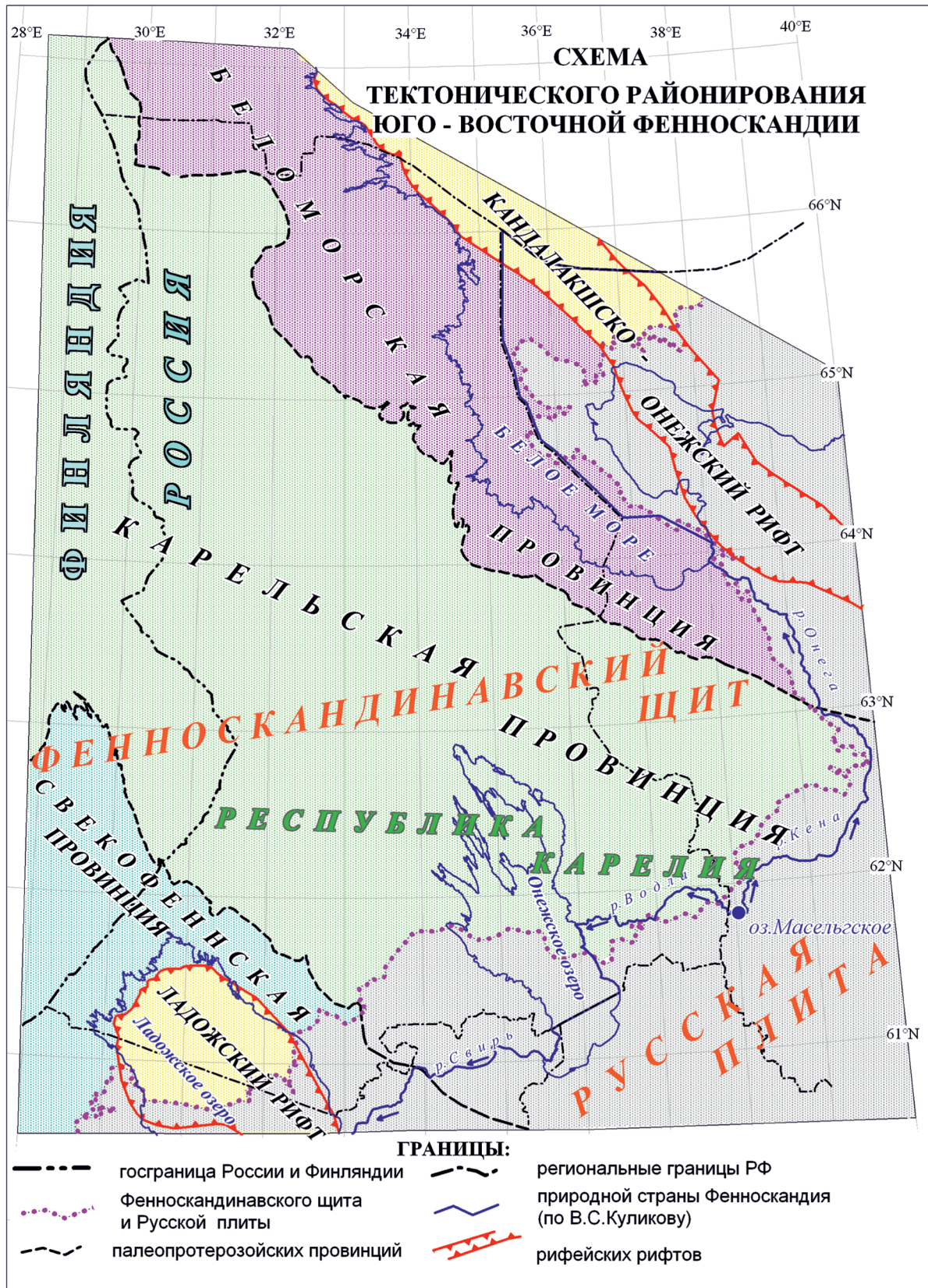


Рис. 1. Главные структурные подразделения Юго-Восточной Фенноскандии

Сопоставление главных стратиграфических подразделений докембрия

МСШ (Ogg et al., 2008)			ОСШ [12]			Хроностратиграфическая схема [7]			
Эпонотема	Эратема	Система	Акротема	Эпонотема	Система	Эпонотема	Эратема	Система (с) Суперсистема (сс) Геонотема (гт)	Индекс
фанерозой	Палеозой 0.542	Кембрий 0.542			Палеозой	фанерозой	Палеозой	Кембрий (с) 0.542	311
ПРОТЕРОЗОЙ	Неопротерозой	Эдиакарий 0.635	Верхнепротерозойская	Рифейская	Верхнерифейская	Верхнерифейская	Неопротерозой	Венд (с) 0.6	232
		Криогений 0.85						Верхний рифей (сс)	231
		Тоний 1.0						1.03	1.03
	Мезопротерозой	Стений 1.2					Мезопротерозой	Средний рифей (сс)	222
		Эктазий 1.4						1.35	1.35
		Калимний 1.6						Нижний рифей (сс)	221
	Палеопротерозой	Статерий 1.8					Палеопротерозой	Вепсий (с) 1.8	216
		Орозирий 2.05						Калевий (с) 1.92	215
		Рясий 2.3						Людиковий (с) 2.1	214
		Оидерий 2.6						Ятулий (с) 2.3	213
								Сариолний (с) 2.4	212
АРХЕЙ	Неоархей		Верхнеархейская (Лопийская)	Верхнеархейская	Верхнеархейская	Верхнеархейская	Неоархей	Сумий (с) 2.5	211
								2.6 - 2.5 (гг)	133
	Мезоархей						Мезоархей	2.7 - 2.6 (гг)	132
								2.8 - 2.7 (гг)	131
								2.9 - 2.8 (гг)	124
								3.0 - 2.9 (гг)	123
	Палеоархей						Палеоархей	3.1 - 3.0 (гг)	122
								3.2 - 3.1 (гг)	121
А	Палеоархей		Нижнеархейская (Саамская)	Нижнеархейская	Нижнеархейская	Нижнеархейская	Палеоархей	3.8 (4.0)	11

пользуются. Разделение суперсистем рифея на самостоятельные системы, по-видимому, возможно за счёт пересмотра статуса выделяемых в его стратотипе на Южном Урале свит (более 15) [11] и более точного их геохронологического датирования.

Геохронологические данные (более 200 U-Pb и Sm-Nd датировок) по архейским магматическим комплексам как в России, так и в соседней Финляндии [16] позволяют разделять архейские эратемы на «геонотемы» продолжительностью около 100 млн. лет. Этот термин впервые вводится в стратиграфи-

А — интенсивно деформированные, метаморфизованные местами до гранулитовой фации и прорванные интрузивами разновозрастных гранитоидов, диоритов и базитов образования верхнего палеопротерозоя (калевий и вепсий) в Приладожье (Свекофеннская провинция — одноименный ороген); слабо метаморфизованные и собранные в пологие складки вепсийские кварцитопесчаники, вмещающие Ропручейский силл габбродиоритов в Прионежье (Карельский кратон);

Б — реликты синформных структур Ятулийской протоплатформы, выполненные терригенными и карбонатными отложениями и вулканитами; в ядрах Онежской и Паана-Куоляярвинской структур и в Северном Приладожье развиты людиковийские вулканиты, углеродсодержащие и другие осадочные породы с силлами габбродиоритов и верлитов;

В — сумийские (преимущественно вулканогенные) и сариоллийские (в основном терригенные) отложения, а также расслоенные мафит-ультрамафитовые интрузивы палеопротерозойской рифтовой системы на границе Карельского кратона и Беломорского подвижного пояса с массивами и отдельными телами чарнокитидов;

Г — ассоциация тоналит-грандидиоритов (ТГД) с фрагментами мезоархейских зеленокаменных поясов (вулканиты, амфиболиты и метасадки в ассоциации с интрузивами мафит-ультрамафитов); горизонтальной штриховкой отмечены древнейшие палеоархейские ТГД (частично омоложенные), а вертикальной — амфиболиты волоцкой свиты палеоархея (древнее 3,2 млрд. лет)

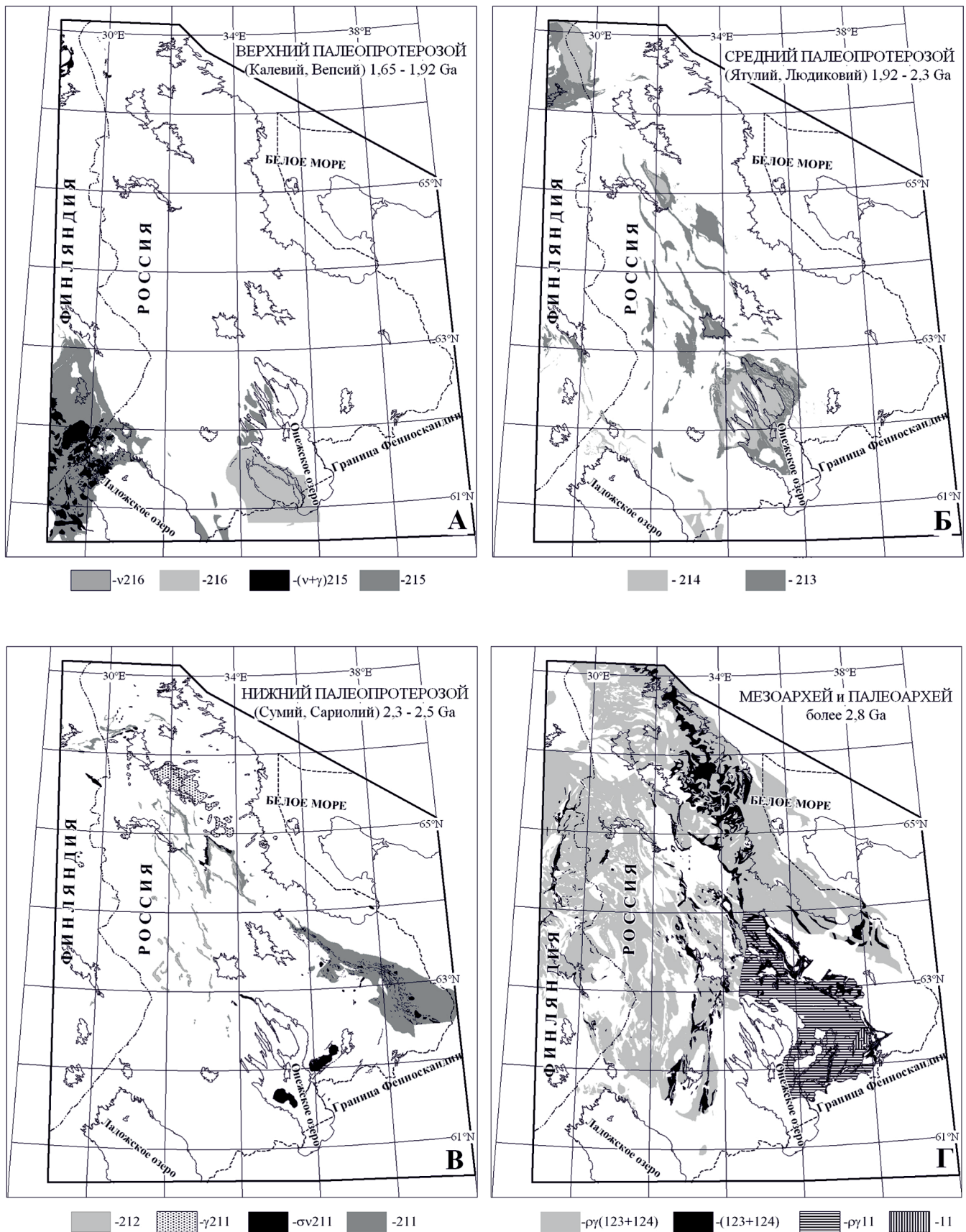


Рис. 2. Фрагменты геологической карты Юго-Восточной Фенноскандии масштаба 1:750 000 (упрощенные и уменьшенные); цифровые индексы в легендах фрагментов по таблице:

ческую номенклатуру и впервые применяется в создании геологических карт докембрийских регионов. По своему рангу «геонотема» условно соответствует «системе» палеопротерозоя, не нарушая принципов МСШ. Предлагается детализировать её в части архея, не имеющей достаточной изученности стратонов третьего порядка. Временные границы архейского эона и его эр являются кратными «геону» (100 млн. лет) и поэтому хорошо коррелируются. Использование «геона» для других частей МСШ нецелесообразно [17], так как возникнет необходимость пересмотра границ между общепринятыми хроностратиграфическими подразделениями, что технически неосуществимо.

При разработке легенд мелкомасштабных геологических карт масштабов 1: 2 500 000 — 1:500 000 каждому стратону ранга «системы» в докембрии определён свой цвет и цифровой индекс. Поскольку официальная цветовая гамма (красный — архей и розовый — протерозой) для стратиграфических подразделений докембрия не способна наглядно отразить на карте вновь выделяемые системы и их аналоги (не менее 15), предлагается вариант, ориентированный на цветовую последовательность, принятую к системам фанерозоя. Для протерозоя на ОГК использованы цвета мезозоя и кайнозоя (радуга — от фиолетовых к синим, зелёным и жёлтым), а для архея — нижнего палеозоя (сине-зелёные оттенки по аналогии с кембрием и ордовиком). В ряде случаев на геологических картах могут появиться и две «радуги»: протерозойская и мезокайнозойская, которые распознаются при применении сплошной цифровой индексации для всех выделяемых стратонов как фанерозойских, так и докембрийских (таблица).

На ОГК реализована новая цифровая индексация стратонов от эонотемы (одна цифра в индексе) к эратеме (две цифры) и системе (суперсистеме для рифея и геонотема для архея) (три цифры). Цифровой индекс отражает геологический возраст соответствующего стратона. В каждом индексе первая цифра обозначает порядковый номер эонотемы (1 — архей, 2 — протерозой, 3 — фанерозой), вторая — порядковый номер эратемы в эонотема (1 — палео-, 2 — мезо-, 3 — нео- или кайно-), третья — порядковый номер системы (или её аналога) в эратеме. В легенде к карте даётся расшифровка всех использованных индексов. Например, индекс 311 расшифровывается как первая система палеозоя в фанерозое, т. е. кембрий; 213 — третья система палеопротерозоя в протерозое, т. е. ятулий и т. д. В архее геонотемы в связи с отсутствием общепринятых наименований названы по цифрам их возрастных интервалов (снизу вверх внутри эратемы), например, 2,6—2,5 млрд. лет (таблица). Отдельные составные части систем и геонотем (некоторые свиты, маркирующие горизонты, например, в сумии и людиковии) выделяются осо-

бым крапом на цветовом поле соответствующих стратонов.

Магматизм. Цветовая окраска интрузивных образований на ОГК принципиально не отличается от таковой на государственных геологических картах России и обусловлена их вещественным составом: синие и фиолетовые цвета — ультрабазиты, зелёные — базиты, коричневые — диориты, красные — гранитоиды, оранжевые — щелочные породы. Индекс интрузивных комплексов состоит из двух частей: 1 — буквенной (греческий алфавит), обозначающей преобладающий вещественный состав геологических тел (— гранитоиды, — базиты, — ультрабазиты и т. д.), 2 — цифровой, характеризующий период их формирования. Например, 132 — это неоархейские граниты с возрастом 2,7—2,6 млрд. лет, а 211 — палеопротерозойские ультрабазит-базиты сумия.

Тектоника. Тектоническая нагрузка ОГК соответствует масштабу карты и содержит три типа данных. 1. На отдельной врезке показана схема тектонического районирования региона, с выделением тектонических структур высшего порядка (рис. 1) и современная граница между природными странами Фенноскандия и Русская равнина [6]. 2. В легенде выделены 8 главных геотектонических этапов развития земной коры региона от палеоархея до палеозоя. 3. На карте показаны наиболее значимые и характерные примеры дизъюнктивной тектоники (разломы, надвиги).

Метаморфизм. На ОГК показаны архейские и палеопротерозойские метаморфические комплексы только гранулитовой, эклогитовой и, частично, амфиболитовой фаций с использованием **различных видов** и цветов штриховки.

Главные фрагменты Обзорной геологической карты Юго-Восточной Фенноскандии

В данной статье по техническим причинам невозможно представить карту в полном объёме, поэтому показан только черно-белый вариант некоторых упрощенных и уменьшенных наиболее информативных её фрагментов, касающихся палеопротерозоя и мезоархея (рис. 2), с комментариями в подрисуночных подписях.

Заключение

1. В результате проведенных исследований разработана новая Хроностратиграфическая схема докембрия Юго-Восточной Фенноскандии, которая в отличие от традиционных стратиграфических схем позволяет отражать геологические события, происходившие не только на поверхности Земли, но и на разных уровнях её коры, доступных для изучения.

2. Впервые предложено относить к стратиграфическому рангу система ряд стратонов нижнего

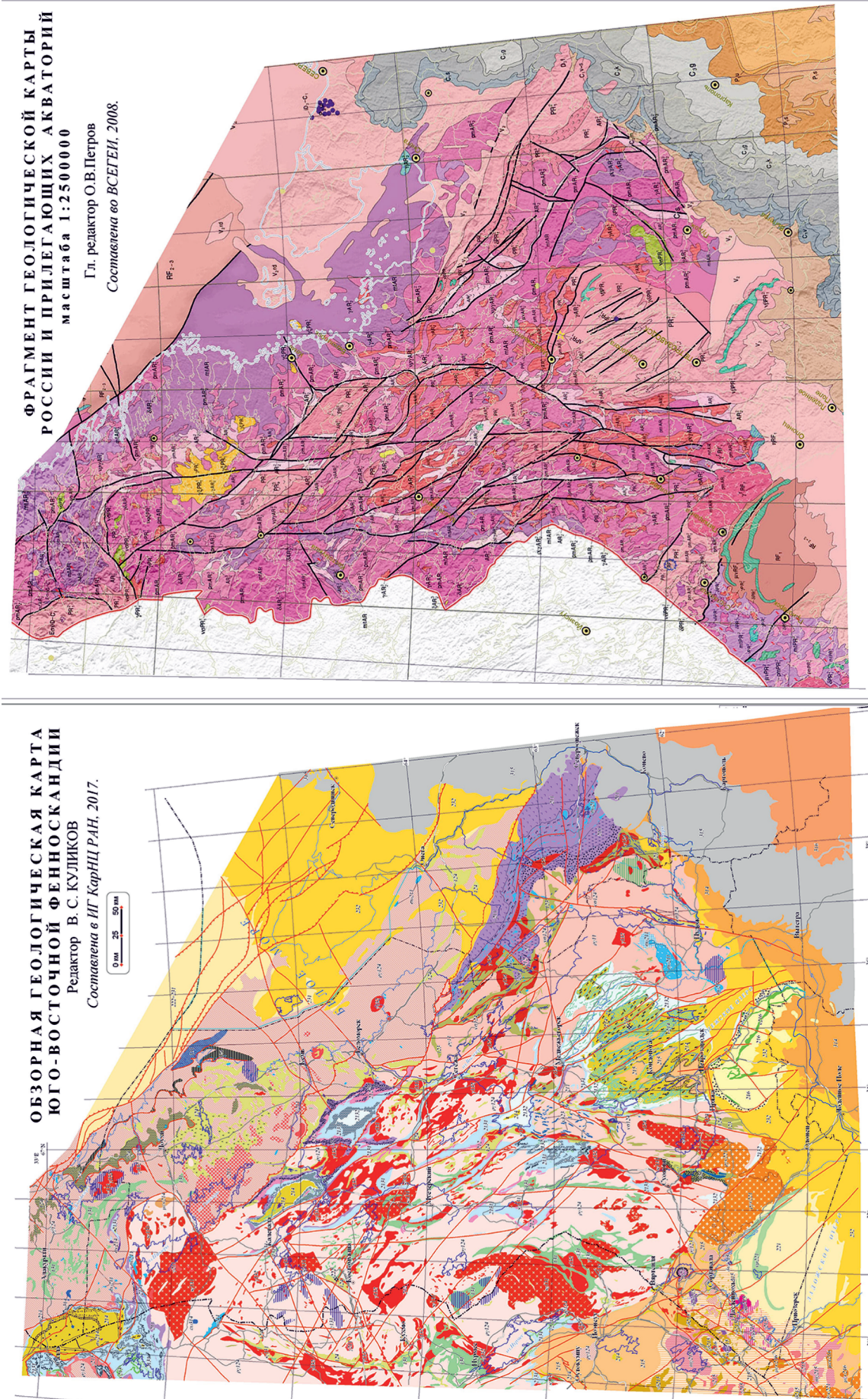


Рис. 3. Геологическое строение Юго-Восточной Фенноскандии по ОГК (2017 г.) и Государственной геологической карте России масштаба 1:2500 000 (2008 г.)

докембрия, сопоставимых, за некоторым исключением, по продолжительности формирования с системами фанерозоя, что создает возможность более объективного и детального анализа геологических событий на Фенноскандинавском (Балтийском) щите в докембрии.

3. Обзорная геологическая карта Юго-Восточной Фенноскандии масштаба 1:750 000, составленная с использованием новой легенды и новых приёмов (редактор В.С. Куликов), отличается от мелкомасштабных государственных карт большей информативностью и наглядностью в изображении геологического строения одного из сложнейших регионов России (рис. 3).

4. Предложенный вариант докембрийской хроностратиграфической схемы Юго-Восточной Фенноскандии может служить базой для разработки легенд к мелкомасштабным государственным геологическим картам новых поколений особенно в регионах развития докембрия.

Авторы выражают благодарность докт. геол.-мин. наук А.К. Корсакову (МГРИ—РГГРУ) и канд. геол.-мин. наук Я.В. Бычковой (МГУ) за полезные советы в написании данной статьи, а также И. Бедоревой за техническую помощь в оформлении.

Работа выполнена в рамках НИР ИГ КарНЦ РАН (государственная регистрация № 01201357017) при частичной поддержке РФФИ (грант 17-05- 00592А).

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов Ю.Б. Государственная геологическая карта масштаба 1:1000 000. Лист Р-35-37 (Петрозаводск). СПб., 2000. 323 с.
2. Геология и полезные ископаемые России / Ред. О.В. Петров. СПб.: ВСЕГЕИ, 2017. 84 с.
3. Геология Карелии / Отв. ред. В.А. Соколов Л.: Наука, 1987. 231 с.
4. Корсакова М.А., Красоткин С.И., Мурадымов Г.Ш., Стронов В.А. Металлогеническая карта российской части Фенноскандинавского щита 1:1000000. Геодинамика магматизм, седиментогенез и минералогия СЗ России. Петрозаводск: ИГ КарНЦ РАН. 2007. С. 187–190.
5. Куликов В.С., Куликова В.В. О национальной стратиграфической шкале нижнего докембрия России // Общая стратиграфическая шкала России: состояние и перспективы обустройства. М: ГИН РАН, 2013. С. 66–67.
6. Куликов В.С., Полин А.К., Куликова В.В. Граница природной страны Фенноскандии на северо-западе России и ее геологические особенности // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып.18. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. С. 97–102.
7. Куликов В.С., Светов С.А., Слабунов А.И., Куликова В.В., Полин А.К., Голубев А.И., Горьковец В.Я., Иващенко В.И., Гоголев М.А. Геологическая карта Юго-Восточной Фенноскандии масштаба 1:750 000: новые подходы к составлению // Труды Карельского НЦ РАН. 2017. № 2. С. 3–41.
8. Максимов А.В., Богданов Ю.Б., Воинова О.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Балтийская. Лист Р-(35),36 — Петрозаводск. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 400 с. + 3 вкл.
9. Общая стратиграфическая шкала нижнего докембрия России. Апатиты, 2002. 13 с.
10. Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минералогия) / Отв. ред. Л.В. Глушанин, Н.В. Шаров и В.В. Щипцов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 431 с.
11. Сергеева Н.Д., Пучков В.Н. Стратиграфия рифея и венда Волго-Уральской области (изменения и дополнения) // Общая стратиграфическая шкала и методические проблемы разработки региональных стратиграфических шкал России СПб.: ВСЕГЕИ, 2016. С. 157–159.
12. Стратиграфический кодекс России. СПб: ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.
13. Сыстра Ю.И. Тектоника Карельского региона. Л.: Наука. 1991. 176 с.
14. Geological map of the Fennoscandian shield 1:2000000 / Eds. T. Koistinen et al. Helsinki, 2001.
15. Hanski E.J., Melezhik V.A. Litho- and chronostratigraphy of the Paleoproterozoic Karelian Formations // Reading the Archive of Earth's Oxygenation. Vol.1. Berlin: Springer, 2012. P. 39–110.
16. Holtta P., Heilimo, E., Huhma H. et al. The Archaean Karelia and Belomorian Provinces, Fennoscandian Shield // Evolution of Archean Crust and Early Life. Dilek, Y., Furnes, H. (Eds.). Modern Approaches in Solid Earth Sciences, vol. 7. Springer, 2014. P. 55–102.
17. Ogg J.G., Ogg G., Gradstein F.M. The Concise Geologic Time Scale. Cambridge. 2008. 177 p.
18. Ramsay W. Über die prakambrischen Systeme in ostlichen Teil von Fennoskandia // Central. Min. Geol. Paleont. 1907.