Куликов В.С.¹, Светов С.А.², Степанова А.В.³, Куликова В.В.⁴, Полин А.К.⁵, Гоголев М.А.⁶

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ГЕОЛОГИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ»: ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ И ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются первые результаты работы созданной в Институте геологии КарНЦ РАН геоинформационной системы «Геология Юго-Восточной Фенноскандии». На первом этапе (2013–2016 гг.) была составлена и апробирована Обзорная геологическая карта (ОГК) масштаба 1 : 750 000, базирующаяся на международной стратиграфической шкале с внесенными в нее уточнениями. Впервые выделены в докембрии региона 18 хроностратиграфических подразделений ранга систем и суперсистем (архей – 8, протерозой – 10) со своей цветовой окраской и цифровой индексацией. ОГК с кратким описанием представлена в статье [Куликов и др., 2017].

На ее базе созданы и впервые публикуются карты-схемы: 1) роев даек, силлов и связанных с ними магматических массивов (в том числе предполагаемых); 2) мантийно-плюмового магматизма ЮВ Фенноскандии. Проведенный анализ развития мафит-ультрамафитового магматизма различной фациальной принадлежности (сохранившиеся реликты лавовых потоков, субвулканических тел, глубинных массивов и вулканокластических образований), а также ассоциирующихся с ними кимберлитов и карбонатитов, позволил выделить не менее 9 крупных магматических провинций (LIPs) и 1 кремнистую провинцию (SLIP) [Ernst, 2014]. Представляется, что они в основном сформированы под воздействием соответствующих плюмов и суперплюмов: 8 континентальных (внутриплитных) (протерозой-палеозой) и 2 океанических (архей). Некоторые суперплюмы имели до 4 импульсов внедрения продолжительностью до 30 млн лет. На территории ЮВ Фенноскандии по геохронологическим данным магматическая деятельность отмечается в течение 3 млрд лет, охватывая 7 геологических эр из выделяемых 9 (за исключением мезопротерозоя и мезозоя).

На основе ОГК показана геологическая специфика (разнообразие) заповедников и национальных парков региона и ее значение для охраны окружающей среды и развития новых форм туризма в особо охраняемых территориях, а также организации новых геопарков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картография, особо охраняемые природные территории, геология.

¹ Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail*: kulikov@krc.karelia.ru

² Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail*: ssvetov@krc.karelia.ru

³ Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail*: stepanov@krc.karelia.ru

⁴ Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail*: vkulikova@yandex.ru

⁵ Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail*: polin@krc.karelia.ru

⁶ Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия, *e-mail*: mag-333@mail.ru

Vyacheslav S. Kulikov¹, Sergey A. Svetov², Aleksandra V. Stepanova³, Victoria V. Kulikova⁴,
Anatoliy K. Polin⁵, Maksim A. Gogolev⁶

GEOINFORMATION SYSTEM "GEOLOGY OF SOUTHEASTERN FENNOSCANDIA": PROSPECTS FOR ITS USE IN COMPILING STATE GEOLOGICAL MAPS AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

ABSTRACT

The preliminary results of the use of the geoinformation system "Geology of Southeastern Fennoscandia", developed in the Institute of Geology, KarRC, RAS, are reported. At stage I (2013–2016), a 1 : 750 000 scale geological map, based on the revised International Chronostratigraphic Chart, was compiled and tested. Eighteen chronostratigraphic units, ranking as systems and supersystems (Archean – 8, Proterozoic – 10), each having its own colour and digital index, were identified for the first time in the Precambrian sequences of the region.

Geological map was presented and briefly described in [Kulikov et al., 2017]. It provided a basis for constructing sketch maps (published for the first time) of: 1) dyke swarms, sills and associated (assumed and other) magmatic massifs; 2) mantle-plume magmatism in SE Fennoscandia. Analysis of the evolution of various-facies mafic-ultramafic magmatism (preserved relics of lava flows, subvolcanic bodies, deep-seated massifs and volcanoclastic rocks) and associated kimberlites and carbonatites has revealed at least nine large igneous provinces (LIPs) and one silicon province (SLIP) after [Ernst, 2014]. They seem to have been produced basically by corresponding plumes and superplumes: 8 continental (intraplate) (Proterozoic-Paleozoic) and 2 oceanic (Archean). Some of the superplumes display up to four intrusion impulses that continued for up to 30 Ma.

Available geochronological data show that igneous activity in SE Fennoscandia lasted 3 Ga, spanning 7 of 9 geological eras, except for the Mesoproterozoic and Mesozoic.

Geological map is used to show the geological diversity of nature reserves and national parks in the region and its significance for environmental protection, encouragement of new forms of tourism in strictly protected areas and establishing new geoparks.

KEYWORDS: cartography, strictly protected areas, geology.

¹ Institute of geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* kulikov@krc.karelia.ru

² Institute of geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* ssvetov@krc.karelia.ru

³ Institute of geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* stepanov@krc.karelia.ru

⁴ Institute of geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* vkulikova@yandex.ru

⁵ Institute of geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* polin@krc.karelia.ru

⁶ Institute of geology of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* mag-333@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

В 2013 г. в Институте геологии Карельского НЦ РАН начались плановые работы по созданию геоинформационной системы (ГИС) «Геология Юго-Восточной Фенноскандии», которая должна содержать как минимум комплекс разнородных баз данных, относящихся к наукам о Земле, в ключевом для раннего докембрия регионе России. Ранее в ИГ КарНЦ РАН создавались только локальные базы данных тематического характера, не охватывающие весь регион. Отсутствовала современная геологическая карта, которая должна была стать ядром ГИС. Поэтому на первом этапе исследований главное внимание уделялось созданию Обзорной геологической карты (ОГК) масштаба 1 : 750 000 на основе современной международной стратиграфической шкалы с внесением в нее уточнений и учетом новых геологических и геохронологических данных различных отечественных и зарубежных организаций.

Такая карта была составлена в 2016 г., прошла апробацию на ряде престижных конференциях в России и за рубежом (в том числе на 35 международном геологическом конгрессе в Кейптауне, ЮАР) и представлена в статье [Куликов и др., 2017]. В данной работе рассматриваются результаты последующего этапа формирования ГИС, где приоритетными объектами стали магматические образования, составляющие более половины площади ОГК, в том числе в особо охраняемых природных территориях (ООПТ) – заповедниках и национальных парках.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обзорная геологическая карта (ОГК) масштаба 1 : 750 000 Юго-Восточной Фенноскандии охватывает территорию более 300 000 км², включая Республику Карелия и прилегающие районы Мурманской, Архангельской, Вологодской и Ленинградской областей и Восточной Финляндии (рис. 1). Легенда карты основана на одобренной МСГН, Международной хроностратиграфической шкале докембрия на уровне эонов и эр, с дополнительным внесением в них более дробных подразделений – периодов (систем) и суперпериодов (суперсистем) и существенно отличается от таковых для государственных геологических карт 3-го поколения м-ба 1 : 1 000 000 для Карело-Кольского региона [Богданов, 2000]. При составлении карты использовались материалы Института геологии КарНЦ РАН [Светов, 2005; Слабунов и др., 2006; Кожевников и др., 2006; Kulikov et al., 2010; Онежская..., 2011; Stepanova et al., 2014, 2015; Костомукшский..., 2015 и др.] и других организаций (ВСЕГЕИ, ПГО Севзапгеология, Архангельск геология, ГИН РАН и др., а также финских исследователей [Ramo et al., 2001; Holttä, 2012]). Карта создана в программе «Mapinfo».

Топографической основой ГИС стали мозаики «Orthorectified Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+) Compressed Mosaics» в формате MrSid и векторная топографическая карта Республики Карелия м-ба 1 : 1 000 000, «Аэрогеодезия» (1996 г.). Структура ГИС сформирована набором векторных слоев, составляющих ОГК. Дополнительно в ГИС включен набор растровых источников авторских данных, что позволяет отслеживать историю изменения представлений о геологическом строении территории Юго-Восточной Фенноскандии.

Помимо этого, в ГИС входят наборы данных, представляющих схему тектонического районирования территории, базу геохронологических данных (сформированную по всем доступным к настоящему времени возрастам цирконов и сфенов). Осуществлена интеграция ГИС с геохимическим банком данных ИГ КарНЦ РАН. Созданы предпосылки для использования ГИС в исследованиях по охране окружающей среды и экотуризме.

Рис. 1. Обзорная геологическая карта Юго-Восточной Фенноскандии М 1 : 750 000 [Куликов и др., 2017] и границы заповедников и национальных парков РФ

Заповедники: 1 – Кандалакшский, 5 – Костомукшский, 7 – Кивач, 10 – Южно-Свирский; Национальные парки: 2 – Паанаярви, 3 – Онежское Поморье, 4 – Калевальский, 6 – Водлозерский, 8 – Кенозерский, 9 – Ладожские шхеры

Fig. 1. 1 : 750 000 scale geological map of Southeastern Fennoscandia [Kulikov et al., 2017] and the boundaries of nature reserves and national parks in the Russian Federation

Nature reserves: 1 – Kandalakshsky, 5 – Kostomukshsky, 7 – Kivach, 10 – South Svirational parks: 2 – Paanajarvi, 3 – Onega Pomorye, 4 – Kalevalsky, 6 – Vodlozersky, 8 – Kenozersky, 9 – Ladoga Skerries

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разработанная система ГИС позволяет создавать рабочие наборы тематических карт. В 2017 г. были созданы следующие карты Юго-Восточной Фенноскандии: 1) Карта-схема роев даек, силлов и связанных с ними интрузивов (рис. 2); 2) Карта-схема мантийно-плюмового магматизма (рис. 3). Карты имеют близкие легенды и отличаются отсутствием на первой полей вулканических образований, а на второй – большинства даек внемасштабного размера. Цветовая окраска разновозрастных магматических комплексов дана в соответствии с принятыми в ОГК цветами для соответствующих систем (периодов) и выгодно отличается от традиционно принятых для государственных геологических карт.

Рис. 2. Карта-схема роев даек, силлов и связанных с ними интрузивов ЮВ Фенноскандии. Составлена на основе карты [Куликов и др., 2017] и данных [Vuolo, Huhma, 2005]

Fig. 2. Sketch map of dyke swarms, sills and associated intrusions in SE Fennoscandia. Based on map [Kulikov et al., 2017] and data [Vuolo, Huhma, 2005]

Рис. 3. Карта-схема мантийно-плюмового магматизма ЮВ Фенноскандии
(составлена на основе карты [Куликов и др., 2017])

Fig. 3. Sketch map of mantle-plume magmatism in SE Fennoscandia
(based on map [Kulikov et al., 2017])

На карте (рис. 2) отчетливо проявлена различная ориентировка роев даек и силлов разных геологических периодов. Для мезоархейских комплексов (2985–2850 млн лет) типична субмеридиональная (реже северо-западная) ориентировка роев магматических тел. Эти направления не получили пока однозначной интерпретации и могут отражать или первичную (на момент формирования) ориентировку, или маркировать коллизионные процессы, происходившие в позднем архее на территории региона. Отчетливо проявляется генеральное северо-западное направление простираения магматических систем палеопротерозоя (2500–1900 млн лет).

Карта-схема мантийно-плюмового магматизма Юго-Восточной Фенноскандии (см. рис. 3), включает поля развития вулканических (лавы, туфы и ассоциирующие с ними осадочные породы того же возраста) образований и комагматичные им интрузивы.

Условные обозначения к рисункам 2 и 3:

Хроностратиграфическая схема (по Куликов и др., 2017)			Изотопный возраст магматитов	Вещественный состав	Цвет на карте	Условные мантийные плюмы (I-X) и их напу- льсы - (a, b, c, d)
Эон	Эра	Период, суперпериод	U-Pb Ma	Дайки, силлы, массивы		
Фане- розой	Палео- зой	Девон	383 - 375	Фойдолиты, оливиниты, пироксениты, карбонатиты, ийолиты		I
П р о т е р о з о й	Неопротерозой	Верхний рифей	542			
	Мезопротерозой	Средний рифей	1030	Долериты		II
		Нижний рифей	1120 - 1200	Кимберлиты, лампроиты
			1350	Габбродолериты, гиадобазальты, монцититы, трахибазальты		IIIb
	Палеопротерозой		1457 1550	Анортозиты, габбродолериты, монцититы, граниты рапакиви		IIIa
		Вепсий	1650	Долериты, габбро, лампрофиты		IV
		Калевий	1770 - 1750	Диориты, габбродиориты, монцодиориты, пироксениты, габбро		V ?
		Людиковий	1871 - 1891	Кимберлиты Феррогаббро, пироксениты, оливиниты, нефелиновые сиениты, карбонатиты. Пикриты, долериты, габбро, габбродолериты, верлиты. Пикробазальты, базальты, андезибазальты и трахибазальты.		Vlc VIb VIa
		Ятулий	1920	Долериты. Долериты, верлиты, базальты. Долериты.		VIIc VIIb VIIa
		Сариолий	2100	Андезибазальты.		VIII d
		Сумий	2300	Габбронориты, пироксениты, габброанортозиты Коматиитовые базальты и андези базальты. Перидотиты, габбронориты, габбро, диориты Долериты, габбронориты		VIIIc VIIIb VIIIa
			2400			
			2405 2450 2500			
	Неоархей		2500	Базальты, коматииты		IX
	Мезоархей		2700 - 2800	Габбро, пироксениты, перидотиты, базальты, коматииты.		X
	Палеоархей		2850 - 2985			
			>3240 (?)	Амфиболиты (базальты, коматииты).

Прочие обозначения: - граница Фенноскандии. - граница Фенноскандинавского щита.
- границы провинций Фенноскандинавского щита. - контуры водоемов
- изолинии поверхности докембрийского кристаллического фундамента (по Гусеву Г.С. и др., 2007г.)

Примечание: 1. Белой горизонтальной штриховкой отмечены предполагаемые массивы под осадочным чехлом

Captions to Figures 2 and 3:

Chronostratigraphic scheme (after Kulikov et al., 2017)			Isotope age of magmatites	Mineralogical composition	Colour on map	Arbitrary mantle plumes (I-X) and their impulses - (a, b, c, d)
Eon	Era	Period, superperiod	U-Pb Ma	Dikes, sills, massifs		
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	383 - 375	Foidolites, olivinites, pyroxenites, carbonatites, ijolites		I
Proterozoic	Neoproterozoic	Upper Riphean	542 - 1030			
	Mesoproterozoic	Middle Riphean	1120 - 1200	Dolerites Kimberlites, lamproites		II
		Lower Riphean	1457	Gabbro-dolerites, hyalobasalts, monzonites, trachybasalts		IIIb
			1550	Anorthosites, gabbro-dolerites, monzonites, rapakivi granites		IIIa
	Paleoproterozoic	Vepsian	1650 - 1770 - 1750	Dolerites, gabbro, lamprophyres		IV
		Kalevian	1800 - 1871 - 1891	Diorites, gabbro-diorites, monzodiorites, pyroxenites, gabbro		V ?
			1920			
		Ludicovian	2000	Kimberlites		VIc
			1999	Ferrogabbro, pyroxenites, olivinites, Nepheline syenites, carbonatites		VIb
			1975 - 1984	Picrites, dolerites, gabbro, gabbro-dolerites, wehrlites. Picrobasalts, basalts, andesite- basalts and trachybasalts.		VIa
			2100			
		Jatulian	2100	Dolerites		VIIc
			2200	Dolerites, wehrlites, basalts		VIIb
			2300	Dolerites		VIIa
		Sariolian	2300 - 2400	Andesite-basalts		VIII d
		Sumian	2405	Gabbro-norites, pyroxenites, gabbro-anorthosites		VIII c
			2450	Komatiitic basalts and andesite-basalts. Peridotites, gabbro-norites, gabbro, diorites		VIII b
			2500	Dolerites, gabbro-norites		VIII a
Archean	Neo-archean	2500 - 2800	2700 - 2800	Basalts, komatiites		IX
	Meso-archean	3200	2850 - 2985	Gabbro, pyroxenites, peridotites, basalts, komatiites		X
	Paleo-archean		>3240 (?)	Amphibolites (basalts, komatiites).

Other captions:

- Fennoscandia's boundary
- boundaries of Fennoscandian Shield provinces
- Fennoscandian Shield's boundary
- water body contours
- contour lines of the Precambrian crystalline basement surface (after G.S.Gusev et al., 2007)

Note: 1. White horizontal striation shows assumed massifs under the sedimentary cover

Анализ площадного распространения магматических образований основного и ультраосновного состава различной фациальной (интрузивы, дайки, силы, вулканические поля) и геодинамической принадлежности, относящихся к разным геологическим периодам

и суперпериодам, позволяют рассматривать их как реликты крупных магматических провинций (**LIPs**) и кремнистых **LIPs** (**SLIPs**) (по классификации Р. Эрнста [Ernst, 2014]).

Первичные параметры **LIPs**, такие как площадь распространения и объем излившихся расплавов невозможно установить по современному эрозионному срезу. Поэтому для их оценки привлекаются косвенные признаки: мощности сохранившихся магматических тел, площади развития даек (подводящих каналов для эродированных лав), данные по аналогичным комплексам в соседних регионах.

На основании анализа данных, имеющихся для магматических образований Юго-Восточной Фенноскандии, на ее территории выделено 10 крупных магматических провинций (9 **LIPs** и 1 **SLIP**), сформированных в интервале времени от мезоархея до палеозоя. В легенде к картам-схемам **LIPs** пронумерованы римскими цифрами (I–X) от молодых к древним. Для большинства **LIPs** предполагается мантийно-плюмовое происхождение. Каждый мантийный плюм по аналогии с плюмами фанерозоя развивался на протяжении до 50 млн лет [Ernst, 2014]. Некоторые провинции были сформированы суперплюмами, которые имели несколько импульсов, отличающихся по возрасту и специфике вещественного состава (например, сумийский и людиковийский). Данные импульсы обозначены в легенде латинскими буквами (a – ранний, b – средний, c – поздний, d – заключительный) и дополняют цифровые обозначения плюмов в легенде.

Рассмотрим кратко выделенные крупные магматические провинции и соответствующие им плюмовые события (от молодых к древним). В название каждого плюма введен временной компонент на уровне геологического периода (суперпериода) принятой хроностратиграфической схемы Юго-Восточной Фенноскандии.

LIP I – девонская Кольско-Днепровская по [Ernst, 2014], имеет весьма ограниченное развитие на ЮВ Фенноскандии, составляя юго-западную часть Кольской субпровинции с массивами ультрамафит-карбонатитов Вуориярви, Салланлатва и сопровождающими дайками фойдолитов [Баянова и др., 2002].

LIP II – среднерифейская с двумя плюмовыми (постиотнийскими) импульсами: долеритовым (Салла-Тууттиярви, 1120 млн лет) и кимберлитовым (Костомукша, 1200 млн лет), проявлена весьма ограниченно, как краевая часть провинции, развитой в Центральной и Южной Швеции и Финляндии [Ramo et al., 2001; Костомукшский..., 2015].

LIP III – раннерифейская Ладожская субпровинция (1457 млн лет) представлена Вааламским силлом габбродолеритов-монцонитов, лавами базальтов и трахиандезибазальтов, а также предполагаемым массивом основных пород на юге Ладожского озера, перекрытого рифейскими осадками. Он выделяется по гравиметрической и магнитной аномалиям и требует геологической заверки. Данная субпровинция является частью иотнийской **LIP**, получившей широкое развитие в Южной Финляндии и Швеции [Ramo et al., 2001].

SLIP IV – раннерифейская Балтийская кремнистая провинция, представленная дифференцированными массивами анортозитов, габбродолеритов, гранитов рапакиви (1650–1550 млн лет), последние – являются преобладающими. В пределах рассматриваемой территории она представлена массивами Салминским, Улялегским и частично Выборгским. Основное развитие провинция получила в Латвии, Эстонии, Финляндии и Швеции [Ларин, 2011].

LIP V – веписийская провинция представлена Ропручейским силлом (1770–1750 млн лет) в Онежской структуре, а также массивами Вуоксинский, Райвимаекский, Ояярви и другими (габброиды, биотитовые пироксениты, монцониты, сиениты, гранитоиды, лампрофиры) в Приладожье [Куликов и др., 2017]. Другие субпровинции этой провинции также развиты на южном Урале.

LIP VI – людиковийская провинция (2000–1975 млн лет) с субпровинциями Онежской, Куолаярвинской, Восточно-Финляндской, Печенгской и другими, сформирована,

как минимум, тремя импульсами: Онежским, Куолярвинским и Тикшозерским. Магматические образования указанных субпровинций имеют различия, как по времени образования, так и вещественному составу: в Онежской преобладают пикриты и базальты с силлами перидотитов и габбродолеритов: а в Куолярвинской – вулканиты основного и среднего состава, иногда с повышенной щелочностью, местами ультраосновного и кислого, а также силлы габбродолеритов и перидотитов. Существенное отличие наблюдается у интрузивов Тикшозерской субпровинции, где развиты феррогаббро, пироксениты, оливиниты, нефелиновые сиениты и карбонатиты. В Онежской субпровинции известны трубки кимберлитов [Онежская..., 2011].

LIP VII – ятулийская провинция долерит-базальтовая представлена вулканитами основного состава и дайками, реже силлами долеритов. Отмечается до трех временных импульсов магматизма (2100, 2200 и 2300 млн лет) [Stepanova et al., 2014, 2015].

LIP VIII – сумийская провинция с субпровинциями Ветреного Пояса, Лапландской и Кольско-Беломорской (2500–2400 млн лет). Она выделена под разными названиями – Балтийская [Ernst., 2014], Восточно-Скандинавская [Bayanova et al., 2009], Сумийская [Kulikov et al., 2010]. Субпровинции представлены как вулканическими, так и плутоническими образованиями высокомагнезиальной базальтовой (ветренитовой) магмы. В состав этой провинции условно включены и редкие основные магматиты сариолия.

LIP IX – неоархейская (2800–2780 млн лет) выделена условно по наличию в осадочно-вулканогенных толщах этого возраста лав коматиитов и базальтов позднеархейских зеленокаменных поясов, которые сопоставимы с современными лавами океанических плато. Подобные образования относятся Р. Эрнстом к океаническим LIPs [Ernst., 2014]. На рассматриваемой территории они фиксируются в Западном Беломорье, Западной Карелии и ЮВ Финляндии [Слабунов и др., 2006].

LIP X – мезоархейская провинция (провинции?) (3000–2800 млн) выделяется по наличию в большинстве архейских зеленокаменных поясов значительных объемов коматиитов и толеитовых базальтов в том числе с характерными подушечными текстурами. Многие исследователи считают их реликтами океанических плато мезоархея. Трактовка их принадлежности к LIP дается впервые и требует дальнейших исследований.

Действующая геоинформационная система содержит также комплекс данных необходимых для исследований в области геоэкологии и геологического наследия. Например, на основе ОГК выделены наиболее интересные и представительные ООПТ (заповедники и национальные парки), в которых имеются важные геологические объекты общероссийского значения, доступные для посещения и исследования специалистами и туристами. Здесь отметим только те, где установлены уникальные и представительные докембрийские геологические комплексы.

Природные сообщества ООПТ – своеобразная экологическая ниша, где уже сформирован комплекс растений, животных, микроорганизмов, приспособленных к условиям существования на данной территории. Они влияют друг на друга и на окружающую среду, при этом опосредованно зависят от базовых кристаллических и рыхлых горных пород как фундамента, а также отдельных слагающих последние минералов, входящих в состав почв, на которых находятся данные сообщества. На территориях ООПТ геологические исследования служат также основой для создания экологических и природных троп, а отдельные интересные геологические объекты в их пределах превращаются в самостоятельные достопримечательности. Анализ площадного расположения на ОГК ООПТ и особенностей геологического строения их дочетвертичного фундамента показал, что все заповедники и национальные парки на рассматриваемой территории (Республика Карелия и прилегающие районы других субъектов РФ) отличаются своеобраз-

зием за счет индивидуальной геологической специфики, обусловленной, в том числе, временем формирования их кристаллического фундамента [Куликов и др., 2016]. Главные геологические особенности этих ООПТ заключаются в следующем (в порядке от древних к молодым) (рис. 1).

1. В карельской части национального парка «Водлозерский» (ВНП) (6) в отличие от других ООПТ на поверхности Земли обнажаются наиболее древние амфиболиты, гнейсы, тоналиты и гранитоиды палеоархея с возрастом более 3,2 млрд лет.

2. В архангельской части ВНП и западной части Кенозерского национального парка (КНП) (8) развиты «пояса» вулканогенных и осадочных пород мезо- и неогархея (3,0–2,7 млрд лет), сопровождаемые глубинными плутонитами (габброиды и ультрамафиты). Для всех ООПТ, в том числе Костомукшского заповедника (5) и частично в «Панана-ярви» (НПП) (2) и Калевальском (4), характерны гранитоиды этого же возраста.

3. В архангельской части ВНП и НПП известен широкий спектр пород палеопротерозоя (2,5–2,3 млрд лет) от андезибазальтов до уникальных по свежести коматиитовых базальтов, кварцитопесчаников и конгломератов, а также интрузивных комагматов вулканитов.

4. В НПП и заповеднике «Кивач» наиболее полно представлены породы с возрастом 2,3–1,92 млрд лет: кварцитопесчаники, доломиты, углеродсодержащие сланцы, шунгиты, базальты и их туфы, а также пикриты, долериты и верлиты, при этом определены их новые изотопные возрасты, создающие перспективы для углубления исследований.

5. На территории созданного в 2017 г. национального парка «Ладожские шхеры» (9) также широко представлены палеопротерозойские осадки и вулканиты, но здесь они интенсивно метаморфизованы при высоких температурах и давлениях, превращены в кристаллические сланцы и гранулиты. Близкие по составу и степени метаморфизма породы наблюдаются и в Кандалакшском заповеднике (1).

6. На территории Нижне-Свирского заповедника (10) и национального парка «Онежское Поморье» (3) и частично в КНП развиты наиболее молодые докембрийские осадочные породы вендской системы (0,65–0,54 млрд лет).

7. В восточной части КНП обнажаются осадочные породы девона и карбона (песчаники, глины, известняки, мергели) с возрастом 0,4–0,3 млрд лет.

Разнообразие геологических объектов формирует геологическую летопись 7 из 9 эратем, известных в истории Земли в интервале 3,5–0,3 млрд лет. Следы двух, пока не обнаруженных эр (мезопротерозой и мезозой), могут сохраниться в отдельных природных заказниках. Геологические исследования, проведенные на ООПТ Северо-Запада России, свидетельствуют о большом потенциале этих территорий для дальнейшего их изучения и развития новых форм познавательного и научного туризма.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная геоинформационная система «Геология Юго-Восточной Фенноскандии» позволяет применять новые подходы к составлению геологических карт в том числе государственных Российской Федерации) мелкого и среднего масштаба, особенно для территорий с развитием докембрийских образований.

2. В ходе работы над ГИС составлена и апробирована «Обзорная геологическая карта Юго-Восточной Фенноскандии, масштаба 1 : 750 000» на основе новой хроностратиграфической схемы региона, включающей 18 докембрийских стратонов ранга систем и суперсистем. Она выгодно отличается от существующих государственных карт мелкого масштаба региона, как по содержанию, так и по новой цветовой раскраске и цифровой индексации геологических образований.

3. Обзорная геологическая карта явилась базовой для создания специализированных карт геологического содержания, например, карт-схем роев даек, силлов и магматических массивов, а также мантийно-плюмового магматизма. Существуют перспективы ее использования в области охраны природы при оценке геологического потенциала особо охраняемых природных территорий и развития там туризма, а также создании новых геопарков.

Исследование выполнено в рамках госзадания Института геологии КарНЦ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баянова Т.Б., Пожиленко В.И., Смолькин В.Ф. и др. Каталог геохронологических данных по СВ части Балтийского щита. Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 53 с.
2. Богданов Ю.Б. (гл. ред.) Государственная геологическая карта РФ. 1 : 1000 000. Лист Р – 35 – 37 – Петрозаводск. Объяснит. записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 322 с.
3. Гусев Г.С., Головин А.А., Кривоносов Л.А., Сироткина О.Н. Минерагенический потенциал недр России. Вып. 1. Восточноевропейско-Баренцевская мегапровинция. М.: Геос, 2008. С. 29–69.
4. Кожевников В.Н., Бережная Н.Г., Пресняков С.Л. и др. Геохронология циркона (SHRIMP-II) из архейских стратотектонических ассоциаций в зеленокаменных поясах Карельского кратона: роль в стратиграфических и геодинамических реконструкциях // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2006. Т. 14, № 3. С. 19–41.
5. Костомукшский рудный район (геология, глубинное строение и минералогия) / Отв. ред. В.Я. Горьковец, Н.В. Шаров. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. 322 с.
6. Куликов В.С., Кузнецова Е.В., Куликова В.В., Полин А.К. Геологическое разнообразие заповедников и национальных парков ЮВ Фенноскандии // Всеросс. науч.-практ. конф. Научные исследования в заповедниках и национальных парках России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. С. 128.
7. Куликов В.С., Светов С.А., Слабунов А.И., Куликова В.В., Горьковец В.Я., Полин А.К., Голубев А.И., Гоголев М.А. Геологическая карта Юго-Восточной Фенноскандии масштаба 1 : 750 000: Новые подходы к составлению // Труды КарНЦ РАН. 2017. № 2. С. 3–41. DOI: 10.17076/geo444.
8. Ларин А.М. Граниты рапакиви и ассоциирующие породы. СПб.: Наука, 2011. 402 с.
9. Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минералогия) / Отв. ред. Л.В. Глушанин, Н.В. Шаров, В.В. Щипцов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 431 с.
10. Светов С.А. Магматические системы зоны перехода океан-континент в архее восточной части Фенноскандинавского щита. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 230 с.
11. Слабунов А.И., Лобач-Жученко С.Б., Бибикина Е.В. и др. Архей Балтийского щита: геология, геохронология, геодинамические обстановки // Геотектоника. 2006. № 6. С. 1–29.
12. Bayanova T.B., Ludden J., Mitrofanov F.P. Timing and duration of Palaeoproterozoic events producing ore-bearing layered intrusions of the Baltic Shield: metallogenic, petrological and geodynamic implications. London: Geological Society, Special Publication. 2009. 323. P. 165–198. DOI: 10.1144/SP323.8.
13. Ernst R.E. Large Igneous Provinces. Cambridge: Cambridge Univer. Press, 2014. 653 p.
14. Holttä P. (ed.) The Archean of the Karelia Province in Finland. GSF. Special paper, 54, 2012. 253 p.
15. Kulikov V.S., Bychkova Ya.V., Kulikova V.V., Ernst R. The Vetreny Poyas (Vetreny Belt) A essential component of the ca. 2,5–2.4 Ga Sumian large igneous province // Precambrian Research. 2010. V. 183. P. 589–601. DOI: 10.1016/j.precamres.2010.07.011.

16. *Ramo O.T., Manttari I., Vaasjoki M., Upton B.G.J., Sviridenko L.P.* Age and significance of Mesoproterozoic CFB magmatism, Lake Ladoga region, NW Russia // *Geol. Soc. of Amer. Abstract with Programs*. 2001. V. 33, No 6. P. A-139.
17. *Stepanova A.V., Salnikova E.B., Samsonov A.V., Egorova S.V., Larionova Y.O., Stepanov V.S.* The 2.31Ga mafic dykes in the Karelian craton, eastern Fennoscandian shield: U-Pb age, source characteristics and implications for continental break-up processes // *Precambrian Res.* 2015. V. 259. P. 43–57. DOI: 10.1016/j.precamres.2014.10.002.
18. *Stepanova A.V., Samsonov A.V., Salnikova E.B., Puchtel I.S., Larionova Y.O., Larionov A.N., Stepanov V.S., Shapovalov Y.B., Egorova S.V.* Palaeoproterozoic continental MORB-type tholeiites in the Karelian Craton: Petrology, geochronology, and tectonic setting // *J. Petrol.* 2014. T. 55, № 9. C. 1719–1751. DOI: 10.1093/petrology/egu039.
19. *Vuollo J., Huhma H.* Paleoproterozoic mafic dikes in NE Finland / M. Lehtinen, P.A. Nurmi, O.T. Ramo (Eds.) // *Precambrian Geology of Finland - Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield*. Amsterdam: Elsevier B.V. 2005. P. 195–236.

REFERENCES

1. *Bayanova T.B., Ludden J., Mitrofanov F.P.* Timing and duration of Palaeoproterozoic events producing ore-bearing layered intrusions of the Baltic Shield: metallogenic, petrological and geodynamic implications. London: Geological Society, Special Publication 323. 2009. P. 165–198. DOI: 10.1144/SP323.8.
2. *Bayanova T.B., Pozhilenko V.I., Smolkin V.F. et al.* Catalogue of geochronological data on the northeastern Baltic Shield. Geology of ore provinces in the Murmansk Region. Apatity: KSC, RAS, 2002. 53 p. (in Russian).
3. *Bogdanov Yu.B.* (Chief Editor). State geological map of the Russian Federation. 1 : 1000 000. Sheet P – 35 – 37 – Petrozavodsk. Explanatory note. SPb: VSEGEI, 2000. 322 p. (in Russian).
4. *Ernst R.E.* Large Igneous Provinces. Cambridge: Cambridge Univer. Press, 2014. 653 p.
5. *Gusev G.S., Golovin A.A., Krinochkin L.A., Sirotkina O.N.* Mineralogenic potential of Russia's mineral resources. Issue 1. East European-Barents megaprovince. M.: Geos, 2008. P. 29–69 (in Russian).
6. *Holttä P.* (ed.) The Archean of the Karelia Province in Finland. GSF. Special paper, 54, 2012. 253 p.
7. *Kostomuksha Ore Province: geology, deep structure and mineral genesis* / V.Ya. Gorkovets & N.V. Sharov, Executive Editors. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2015. 322 p. (in Russian).
8. *Kozhevnikov V.N., Berezhnaya N.G., Presnyakov S.L. et al.* Geochronology of zircon (SHRIMP-II) from Archean stratotectonic associations in the greenstone belts of the Karelian Craton: role in stratigraphic and geodynamic reconstructions. *Stratigraphy. Geological correlation*. 2006. V. 14, No 3. P. 19–41 (in Russian).
9. *Kulikov V.S., Bychkova Ya.V., Kulikova V.V., Ernst R.* The Vetreny Poyas (Vetreny Belt) A essential component of the ca. 2,5–2,4 Ga Sumian large igneous province. *Precambrian Research*. 2010. V. 183. P. 589–601. DOI: 10.1016/j.precamres.2010.07.011.
10. *Kulikov V.S., Svetov S.A., Slabunov A.I., Kulikova V.V., Gorkovets V.Ya., Polin A.K., Golube A.I., Gogolev M.A.* 1 : 750 000 scale geological map of Southeastern Fennoscandia: New approaches to map compilation. *Proceedings of KarRC, RAS*. 2017. No 2. P. 3–41 (in Russian). DOI: 10.17076/geo444.
11. *Kulikov V.S., Kuznetsova E.V., Kulikova V.V., Polin A.K.* Geological diversity of nature reserves and national parks in SE Fennoscandia. All-Russian Scientific-Practical Conference. Scientific studies in Russia's nature reserves and national parks. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2016. P. 128 (in Russian).
12. *Larin A.M.* Rapakivi granites and related rocks. St. Petersburg: Nauka, 2011. 402 p.

13. Paleoproterozoic Onega structure: geology, tectonics, deep structure and mineral genesis / L.V. Glushanin, N.V. Sharov, V.V. Shchiptsov, Executive Editors. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2011. 431 p. (in Russian).
14. *Ramo O.T., Manttari I., Vaasjoki M., Upton B.G.J., Sviridenko L.P.* Age and significance of Mesoproterozoic CFB magmatism, Lake Ladoga region, NW Russia. Geol. Soc. of Amer. Abstract with Programs. 2001. V. 33, No 6. P. A-139.
15. *Slabunov A.I., Lobach-Zhuchenko S.B., Bibikova E.V. et al.* The Archean of the Baltic Shield: geology, geochronology and geodynamic settings. Geotektonika. 2006. No 6. P. 1–29 (in Russian).
16. *Stepanova A.V., Salnikova E.B., Samsonov A.V., Egorova S.V., Larionova Y.O., Stepanov V.S.* The 2.31Ga mafic dykes in the Karelian craton, eastern Fennoscandian shield: U-Pb age, source characteristics and implications for continental break-up processes. Precambrian Res. 2015. V. 259. P. 43–57. DOI: 10.1016/j.precamres.2014.10.002.
17. *Stepanova A.V., Samsonov A.V., Salnikova E.B., Puchtel I.S., Larionova Y.O., Larionov A.N., Stepanov V.S., Shapovalov Y.B., Egorova S.V.* Palaeoproterozoic continental MORB-type tholeiites in the Karelian Craton: Petrology, geochronology, and tectonic setting. J. Petrol. 2014. T. 55, No 9. C. 1719–1751. DOI: 10.1093/petrology/egu039.
18. *Svetov S.A.* Archean magmatic systems in the ocean-continent transition zone in the eastern Fennoscandian Shield. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2005. 230 p. (in Russian).
19. *Vuollo J., Huhma H.* Paleoproterozoic mafic dikes in NE Finland / M. Lehtinen, P.A. Nurmi, O.T. Ramo (Eds.). Precambrian Geology of Finland - Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield. Amsterdam: Elsevier B.V., 2005. P. 195–236.