

УДК 551.71/.72.02 (571.5-13)

СТРАТИГРАФИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ ОПОРНЫХ РАЗРЕЗОВ НИЖНЕГО ДОКЕМБРИЯ ЮЖНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОГО КРАТОНА

Ю. Б. Богданов¹, С. А. Анисимова^{1, *}

¹*Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П.*

Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

**e-mail: svetanisimova2008@rambler.ru*

Поступила в редакцию 28.04.2024 г.

После доработки 07.06.2024 г.

Принята к публикации 13.06.2024 г.

Для южной части Сибирского кратона дана геологическая и геохронологическая характеристика опорных разрезов шести страторегионов нижнего докембрия. Впервые проведена их корреляция, послужившая основой для уточненной региональной стратиграфической схемы региона. В результате в региональной стратиграфической схеме, как и в схеме, принятой Межведомственным стратиграфическим комитетом в 1991 г., по составу и возрасту обособлены три крупнейших региональных подразделения, которым придан ранг надгоризонтов (снизу вверх) – сахаборий, удоканский и улканский. Впервые предложено выделение в удоканском надгоризонте двух региональных горизонтов с рабочими названиями “кодари-чинеийский” (нижний) и “кеменский” (верхний). Региональные подразделения разделены несогласиями и перерывами. Можно полагать, что возраст нижней границы кеменского горизонта близок к 2.05 млрд лет, а удоканского и улканского надгоризонтов – 1.9 млрд лет. Возможно, эти надгоризонты разделены длительным стратиграфическим перерывом. Стратиграфические границы сахабория и нижняя граница удоканского надгоризонта не установлены. Региональные подразделения по данным изотопного возраста сопоставлены с Общей стратиграфической шкалой нижнего докембрия России. Сахаборий, несомненно, относится к верхнеархейской (лопийской) эоноте, удоканский и улканский надгоризонты – к нижнепротерозойской (карельской) эоноте. К неразделенным ниже- и верхнекарельским эратемам принадлежат породы кодари-чинеийского горизонта. Образования кеменского горизонта и улканского надгоризонта относятся к верхнекарельской эратеме.

Ключевые слова: архей, нижний протерозой, региональные надгоризонты, сахаборий, удоканий, улканий, региональная стратиграфическая схема

ВВЕДЕНИЕ

Стратиграфия нижнего докембрия Сибири опирается на геологические материалы по южной части Сибирского кратона, ограниченного с севера осадочным чехлом, с юга – границей кратона (Rosen, 2002). С востока на запад она протягивается от 101° до 138° в.д. (рис. 1).

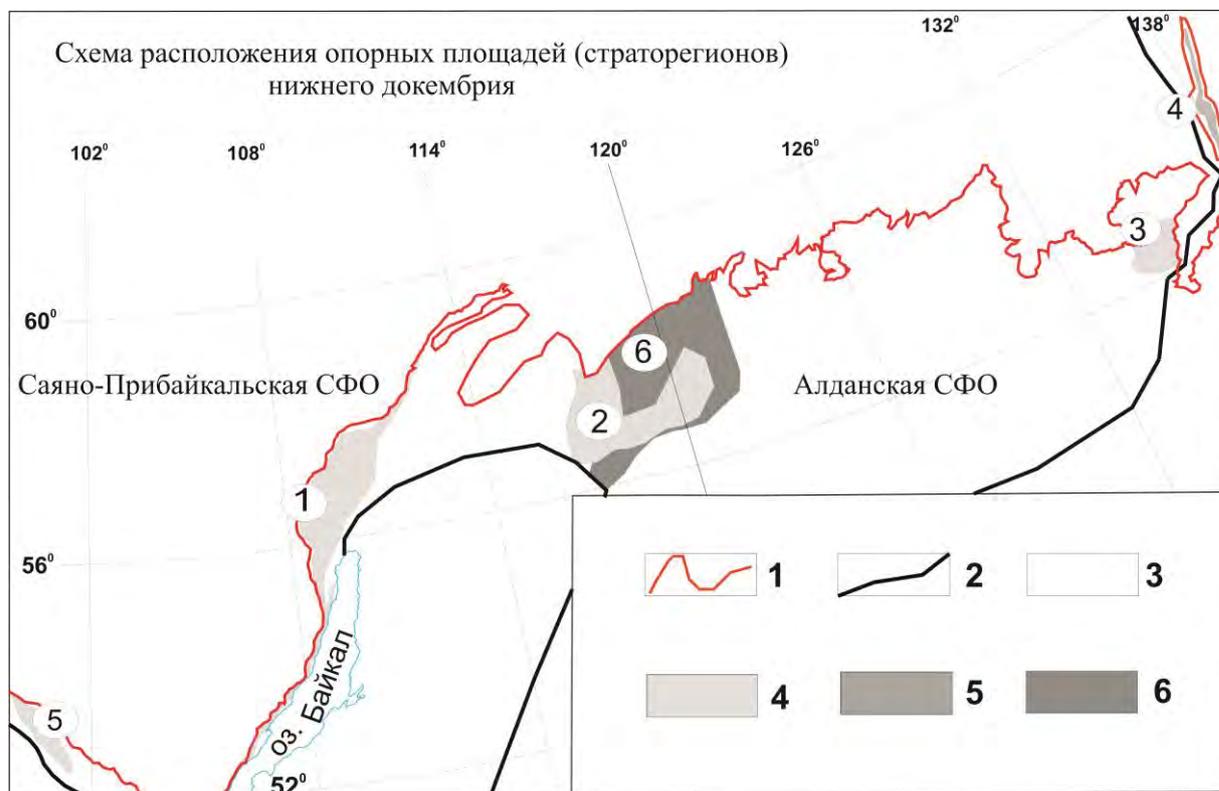


Рис. 1.

Схема расположения опорных площадей (страторегионов) нижнего докембрия в южной части Сибирского кратона

Центральное положение в ней занимает Алданский щит, для которого была принята Стратиграфическая схема нижнего докембрия Восточного Забайкалья и юга Дальнего Востока, утвержденная Межведомственным стратиграфическим комитетом (МСК) (Постановление..., 1992). В ней впервые на основе историко-геологического анализа были выделены региональные стратиграфические подразделения (табл. 1) – алданий, становий, сахаборий (для архея), удоканий и улканий (для нижнего протерозоя). После 2000 г. началось составление легенд и комплектов Госгеолкарт России масштаба 1 : 1000000 третьего поколения (ГГК-1000/3) для самостоятельных серий листов. Были составлены легенды и изданы комплекты ГГК-1000/3 Ангаро-Енисейской (листы N-47, N-48), Алдано-Забайкальской (листы N-49, O-49, O-50, O-51, O-52) и Дальневосточной (листы O-53, O-54) серий листов (рис. 1). Легенды этих серий были приняты научно-

редакционным советом Роснедра при ВСЕГЕИ (НРС МПР РФ), однако их стратиграфические схемы не проходили утверждения в МСК, хотя в них используются ранее утвержденные им региональные подразделения. В Ангаро-Енисейской серии листов для нижнего докембрия региональные подразделения отсутствуют, и она не приведена в табл. 1.

Таблица 1. Региональные стратиграфические схемы серий листов (СЛ) южной части Сибирского кратона, использованные при составлении ГГК-1000/3

ОСШ России (утверждена МСК в 1991 г.)		Территория Забайкалья и юга Дальнего Востока (утверждена МСК в 1991 г.)		ОСШ России (утверждена МСК в 2001 г.)		Алдано-Забайкальская СЛ (принята НРС МПР РФ в 2009 г.)		Дальневосточная СЛ (принята НРС МПР РФ в 2009 г.)	
Акротема	Зонотема	Алданский щит		Зонотема	Эратема	Саяно-Прибайкальский район	Алданский щит	Удоканский прогиб	
		Кодаро-Удоканская зона	Улканская зона			Прибайкальский район <td>Удоканский район и Токкинская площадь <td colspan="2"></td> </td>	Удоканский район и Токкинская площадь <td colspan="2"></td>		
1650		верхнепротерозойская зонотема							
протерозойская	верхнекарельская	улкачнин	?	улканская серия	верхнекарельская	акитинская серия: свиты от малоковинской до окуинской	?	улкачнин	улканская серия
	1900								
	нижнекарельская	удоканский	каменная серия		нижнепротерозойская (карельский)	нижнекарельская	сармиская серия: свиты: харитуйская, иптинская, голечная	удоканский	удоканская надсерия
		чинейская серия	?		2100		улканский	улканская серия	
		кодарская серия			2500		удоканский	удоканская серия	
2500							удоканский	удоканская серия	
архейская	верхнеархейская	сахаборный	Олекминская, 1 ем у-лякит-тасмиэлинская серия		верхнеархейская (лошй)		Чаро-Олекминский район	сахаборный	
			олодчинская серия	тунурчинская серия					
	3150		борсалинская серия			2800			2750
						3000			
нижнеархейская		становий			3200		становий	становий	
		алданний					алданний	алданний	

Региональные подразделения алданий и становий отличаются высокой степенью метаморфизма пород (гранулитовая и амфиболитовая фации). Их породы лишены реликтов первичных (дометаморфических) текстур и структур, не имеют стратиграфических соотношений, однозначно не коррелируются, часто надежно не датированы. В соответствии с рекомендациями Петрографического (Петрографический..., 2009) и Стратиграфического (Стратиграфический..., 2019) кодексов они не являются стратиграфическими подразделениями. Исключение может быть сделано для сахабория, сохраняющего реликты первичных (дометаморфических) структур и текстур вулканитов. Из таблицы 1 следует, что в общем стратиграфическом разрезе на рассматриваемой территории выделяются три наиболее крупных региональных стратиграфических подразделения, вероятно, в ранге надгоризонтов (снизу вверх): сахаборий, удоканий и улканий. Во всех стратиграфических схемах сахаборий относится к верхнеархейской (лопийской) эоноте, а удоканий (существенно терригенный) и улканий (преимущественно вулканогенный) – к нижнепротерозойской (карельской) эоноте.

После создания легенд и листов ГГК-1000/3 появилось большое количество данных об изотопном возрасте циркона (преимущественно U–Pb (TIMS) и U–Th–Pb (SIMS) методы) из метавулканитов и терригенных метаосадков. Для докембрия имеет значение также информация о возрасте плутонических пород, позволяющая оценить возрастные границы стратиграфических подразделений. На основе этой информации можно дополнительно выделить и охарактеризовать разрез нижнего протерозоя Урикско-Ийского грабена на листе N-47 (Ангаро-Енисейская серия листов). На листах O-53 и O-54 (Дальневосточная серия листов) условно обособлена Билякчанская зона блоков раннепротерозойских образований, разрез которых изучен очень слабо. Все региональные подразделения (табл. 2) опираются на разрезы опорных (стратотипических) площадей, отвечающих определению “страторегион” (Стратиграфический..., 2019). Кроме них на рассматриваемой площади были обособлены Алданский и Саяно-Прибайкальский щиты, условно названные нами структурно-формационными областями (СФО) (табл. 2). В Саяно-Прибайкальской СФО разрезы нижнего докембрия достоверно не установлены и его обособление условно. В пределах Алданской СФО расположены Чаро-Олекминский, Кодаро-Удоканский и Улканский страторегионы (рис. 1). Прибайкальский страторегион приурочен к восточной границе Саяно-Прибайкальской СФО. Урикско-Ийский страторегион тяготеет к южному ограничению этой СФО, а Билякчанская блоковая зона – к восточному краю Алданской СФО (рис. 1).

Таблица 2. Стратиграфическая схема корреляции разрезов страторегионов нижнего докембрия южной части Сибирского кратона

Общая стратиграфическая шкала		Авторская региональная стратиграфическая схема		Ангаро-Енисейская серия		Алдано-Забайкальская серия		Дальневосточная серия					
эпоха	эра			Саяно-Понбайкальская С#О		Атланская С#О							
		Урало-Ийский страторегион		Прибайкальский страторегион		Копаро-Удоканский страторегион		Уланский страторегион					
		Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен					
НИЖНИЙ ПРОТЕРОЗОЙ (КАРЕЛИЙ)		ВЕРХНИЙ КАРЕЛИЙ		УЛКАНСКИЙ НАДГОРБИОНТ		Урало-Ийский грабен		Атланская С#О		Уланский страторегион			
						Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен	
						Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен	
						Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен	
						Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен	
						Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен	
						Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен	
						Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен	
						Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен	
						Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен	
НИЖНИЙ КАРЕЛИЙ		УДОКАНСКИЙ НАДГОРБИОНТ		Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
ВЕРХНИЙ АРХЕЙ (ЛОПИЙ)		НАДГОРБИОНТ САХАБОРЩИ		Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			
				Урало-Ийский грабен		Северо-Прибайкальская площадь (Ангарская блок-плоск.)		Копарская и Удоканская подзоны		Уланский грабен			

Характеристика разрезов опирается преимущественно на материалы перечисленных ранее объяснительных записок к листам ГГК-1000/3 и приводится раздельно для каждого страторегиона (табл. 2).

ВЕРХНИЙ АРХЕЙ (ЛОПИЙ)

Чаро-Олекминский страторегион

Страторегионом сахабория считается Чаро-Олекминский район, в котором выделены протяженные линейные “зеленокаменные” прогибы (Котов и др., 2004) в пределах площади листов О-50 и О-51 (Государственная..., 1998, 2010; Радьков и др.,

2015). По данным геологического картирования сахаборий включает породы олондинской, борсалинской, тунгурчинской (низы разреза лопия) и тасмиэлинской (верхний лопий?) серий. Соотношения олондинской и борсалинской серий не установлены, характер и положение их нижних стратиграфических границ не известны. Разрез борсалинской серии представлен метаморфическими породами. Тунгурчинская и тасмиэлинская серии выделены только на листе О-51 (Радьков и др., 2015). Тунгурчинская серия не имеет стратиграфических соотношений с подстилающими подразделениями, поскольку образует изолированные структуры. Тасмиэлинская серия, предположительно, завершает архейский разрез и имеет тектонические контакты с окружающими образованиями. Обе серии сложены карбонатными породами, линзами кварцитов и разнообразными сланцами. Дометаморфические структуры и текстуры в породах не описаны, изотопный возраст циркона во всех трех сериях не определен.

Породы олондинской серии развиты ограниченно только на листе О-50, а по литературным данным и на листе О-51 (Котов и др., 2004). Серия изучена в Олондинской структуре и содержит метаморфизованные вулканиты основного и ультраосновного состава с реликтами первичных текстур и структур (Пухтель, Журавлев, 1993). Данные изотопного датирования пород свидетельствуют, что их возраст близок к 3000 млн лет (Бибикина и др., 1984; Государственная..., 1998). Породы серии прорваны интрузией габбро-диоритов с U–Pb возрастом циркона не менее 3002 и 3005 млн лет (Ковач и др., 2020) и, возможно, относятся к нижнему или среднему лопию (табл. 2).

Все сказанное не позволяет разрезы борсалинской, тасмиэлинской, тунгурчинской серий включать в стратиграфическую схему. Таким образом, остаются неопределенными объем сахабория, положение и возраст его границ, однако не вызывает сомнений его отнесение к верхнему архею (лопию).

НИЖНИЙ ПРОТЕРОЗОЙ (КАРЕЛИЙ)

Кодаро-Удоканский страторегион

Опорной площадью нижнего протерозоя считается Кодаро-Удоканский прогиб или страторегион (рис. 1). Л.И. Салоп (1968) впервые выделил в его разрезе удоканскую надсерию, образующую стратотип нижнего протерозоя Алданского щита. В настоящее время в соответствии со статьей V.VII Стратиграфического кодекса (Стратиграфический..., 2019) надсерия должна быть названа комплексом. Отложения комплекса, выполняющие Кодаро-Удоканский прогиб, несогласно залегают на архейских породах и являются стратотипом нижнего протерозоя Сибири и Дальнего Востока (Федоровский, 1972). Прогиб расположен около границы со Становой складчатой зоной и

делится на Кодарскую и Удоканскую подзоны, разделенные Чарской впадиной неоген-четвертичных образований (Подковыров и др., 2006). В соответствии с принятой стратиграфической схемой (табл. 1) в разрезе комплекса обособляются (снизу вверх) джялтуктинская, кодарская, чинейская и кеменская серии.

Джялтуктинская серия распространена на листе О-50 ГКК-1000/3 (Государственная..., 1998). Она сложена гнейсами, плагиогнейсами, сланцами с редкими прослоями и линзами кварцитов и карбонатных пород. Породы серии интенсивно дислоцированы и часто теряют первичные структурно-текстурные признаки осадков. Контакты серии с архейскими образованиями преимущественно тектонические. Серия не включена нами в стратиграфический разрез нижнего докембрия.

Кодарская серия изучалась в пределах Удоканской и Кодарской подзон. В южной части Удоканской подзоны у границы со Становой структурной зоной были выделены осадочно-вулканогенные толщи нижнего протерозоя (Государственная..., 1998) и обособлены в кодарскую серию (Подковыров и др., 2006). Позднее они были объединены в усуйкаунский динамометаморфический комплекс (Государственная..., 2010), в котором тектонически совмещены породы разного возраста (Ковач и др., 2022). Циркон из микрогнейсов кодарской серии обладает статистически значимыми максимумами возрастов около 2.09 и 2.08 млрд лет (Адамская и др., 2022), а сами микрогнейсы прорваны плагиогранитами (трондьемитами) с возрастом около 2105 млн лет (Котов и др., 2018). Все породы испытали структурно-метаморфические изменения в условиях амфиболитовой фации (Ковач и др., 2018б), а полученные оценки возраста в первом приближении отражают верхний предел формирования протолитов микрогнейсов кодарской серии (Котов и др., 2018).

В Кодарской подзоне кодарская серия обладает мощностью 420–2200 м и разделена на три залегающие согласно свиты – икабийскую, инырскую и аянскую (табл. 2). Нижняя ее граница с джялтуктинской серией является условной, так как они разделены “метаморфическим несогласием”, обусловленным более высоким метаморфизмом пород джялтуктинской серии (Государственная..., 2010). Кодарская серия сложена терригенными породами, измененными в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций метаморфизма. Для нее характерна частая перемежаемость полимиктовых метаалевросланцев, метаалевролитов, метаалевропесчаников и метапесчаников, часто обогащенных графитом, иногда с медной минерализацией. Вверх по разрезу возрастает роль мелкозернистых отложений. В биотитовых сланцах циркон представлен слабоокатанными и неокатанными коротко- и длиннопризматическими кристаллами и окатанными округлыми и овальными зернами магматического генезиса

(Ковач и др., 2022). Конкордантные значения возраста циркона на кривой относительной вероятности возрастов дают максимумы близкие к 2.02 и 2.08 млрд лет (табл. 2). Авторы предполагают, что нижняя возрастная граница серии составляет около 2.02 млрд лет. Биотитовые сланцы прорваны гранитами ничатского комплекса с возрастом 1908 ± 4 млн лет (Ларин и др., 2006). Породы, которые могли бы являться источниками детритового циркона с возрастом 2.08 и 2.02 млрд лет в Чаро-Олекминском геоблоке Алданского щита и в блоках Станового структурного шва, не известны (Адамская и др., 2023). Возможно, возраст около 2.08 млрд лет, как и в Удоканской подзоне, может отражать время метаморфизма амфиболитовой фации.

Чинейская серия (мощность 1400–2500 м) залегает согласно и с постепенным (фациальным) переходом на образованиях кодарской серии (Государственная..., 2010). В ее разрезе обособлены читкандинская, александровская, бутунская свиты. Серия преимущественно сложена слюдистыми олигомиктовыми, реже кварцевыми метапесчаниками, отмечаются маломощные прослой магнетитовых и медистых песчаников. А.В. Сочава (1986) предположил наличие туфогенных образований в читкандинской свите. Вверх по разрезу, в александровской свите, возрастает роль метаалевролитов и карбонатных пород. Бутунская свита завершает разрез и состоит из известковистых метаалевролитов, доломитов и известняков с органическими остатками. Карбонатные породы образуют горизонты мощностью до 60 м. В читкандинской свите (табл. 2) в пепловых туфах для магматического циркона получена оценка возраста 2180 ± 50 млн лет (Бережная и др., 1988). Его геологическое значение остается неясным. Циркон из метапесчаников александровской свиты представлен слабоокатанными и неокатанными кристаллами магматического и метаморфического происхождения (Ковач и др., 2018б). На кривых относительной вероятности возрастов отчетливо выделяются максимумы с возрастными 1.90, 1.98 (Ковач и др., 2018а) и 2.02 млрд лет (Адамская и др., 2023). Максимум возраста 1.90 млрд лет определяют метаморфогенные цирконы. Авторы полагают, что это нижняя возрастная граница свиты, она близка к возрасту складчатости и регионального метаморфизма 1908 млн лет (Ларин и др., 2006).

Кеменская серия (4000–5500 м) состоит (снизу вверх) из залегающих согласно талаканской, сакуканской и намингинской свит (Государственная..., 2010) (табл. 2). Граница между сакуканской и намингинской свитами постепенная. Серия отделена корой выветривания от архейских образований и с размывом и несогласием залегает на породах чинейской серии. Характерной особенностью серии является изменчивость пород от олигомиктовых до существенно кварцевых. Для талаканской и сакуканской свит обычно присутствие полевошпат-кварцевых и кварцитовидных песчаников, алевролитов и

аргиллитов, известны слои гематитовых, магнетитовых и медистых песчаников. Именно в этой части разреза расположено наиболее масштабное медное оруденение Удоканского района. В намингинской свите наблюдаются прослои известковистых песчаников и черных (“углистых”) аргиллитов, знаки ряби, трещины усыхания, отпечатки следов дождя. Для неразделенных отложений этой серии конкордантные возрасты циркона образуют максимум около 2.02 млрд лет (Ковач и др., 2018б). По мнению этих авторов, возраст протолитов метаосадочных пород серии не превышает 2.0 млрд лет. Ее верхняя временная граница ограничена возрастом прорывающих гранитов кодарского комплекса 1876 ± 4 млн лет (Ларин и др., 2000). Возраст медной минерализации Удоканского месторождения, расположенного в сакуканской свите, оценивается по титаниту в 1896 млн лет (Perello et al., 2017) и, вероятно, отвечает верхней временной границе серии.

Для кебектинской серии (Бортников и др., 2023), сопоставляемой с кеменской, для циркона неясного генезиса из метапесчаников получены конкордантные оценки возраста с максимумами на кривой относительной вероятности возрастов около 2.01 и 2.14 млрд лет. Таким образом, максимальный возраст песчаников серии близок к 2.01 млрд лет. Серия прорвана дайками долеритов сулуматского комплекса с возрастом 1874 ± 4 млн лет, что определяет ее верхний возрастной предел.

Из приведенных материалов по разрезу удоканского комплекса следует, что он может быть уверенно разделен на два подкомплекса (табл. 2). Нижний из них включает породы кодарской и чинейской серий, верхний – кеменскую (и кебектинскую) серию. В нижнем подкомплексе стратиграфическая граница между сериями не определена, нижняя граница верхнего подкомплекса очень четкая и совпадает с установленными несогласиями и корами выветривания. Данные по изотопному возрасту циркона показали, что для кодарской серии он близок к 2.09–2.08 млрд лет и, возможно, отражает время метаморфизма амфиболитовой фации, а верхняя временная граница серии может быть не моложе 2100 млн лет (Котов и др., 2018). Метаморфический циркон с возрастом 1.09 млрд лет из чинейской серии не может определять ее нижнюю временную границу, так как в это же время формировались руды Удоканского месторождения в более молодой кеменской серии. Возраст чинейской серии остается неопределенным. Возможно, нижний подкомплекс отражает эволюционный характер седиментации от накопления терригенных осадков (кодарская серия) к постепенному проявлению хемогенного осадконакопления (чинейская серия). Для кеменской серии после формирования кор выветривания характерно накопление обогащенных кварцем отложений. Ее нижняя временная граница предполагается около 2.00–2.02 млрд лет. Цирконы с возрастом около 2.02 млрд лет известны в кодарской и чинейской сериях, их природа и значение остаются неясными.

Верхняя временная граница всего удоканского комплекса, вероятно, укладывается в интервал 1908–1876 млн лет и отражает возраст складчатости и регионального метаморфизма в регионе (Ларин и др., 2006).

Улканский страторегион

Улканский страторегион расположен на восточном краю Алданской СФО и приурочен к одноименному прогибу, выполненному породами улканской серии (рис. 1). В ее разрезе (Дымович и др., 2012) выделены породы топориканской, улкачанской и эльгэтейской свит (табл. 1). В основании серии обнажены породы топориканской свиты (мощность до 200 м), которая залегает на коре выветривания архейских образований и является нижней стратиграфической границей свиты. Непосредственно на коре выветривания залегают белые горизонтально-слоистые гравийные и крупнозернистые кварцевые (до кварцитов) песчаники. Выше постепенно появляются мелко- и среднезернистые полевошпат-кварцевые песчаники, иногда с косой слоистостью. Верхи свиты сложены серыми и зеленоватыми слоистыми песчаниками с линзами кварцевых конгломератов.

Улкачанская свита (мощность 260–270 м) с резким угловым несогласием и с перерывом залегает на метаморфитах архея и с размывом – на разных осадочных породах топориканской свиты. Улкачанская свита сложена трахибазальтами, базальтами, имеющими постепенные переходы и составляющими около 70% объема свиты. Кроме того, присутствуют терригенные и туфогенно-осадочные породы. Все базальтоиды относятся к калиево-натриевой серии субщелочного ряда и являются умеренно-глиноземистыми.

Эльгэтейская свита (мощность до 1600 м) несогласно залегает на улкачанской либо топориканской свитах, а в краевых частях прогиба – на кристаллическом фундаменте. В ее составе доминируют трахириодациты, трахириолиты, трахидациты, их туфы, игнимбриты и лавобрекчии, которым подчинены базальты, трахибазальты, трахиандезиты и осадочные породы. В верхах разреза свита сложена рибекитовыми и эгирин-рибекитовыми трахириолитами и трахириодацитами, по химическому и минеральному составу отвечающими комендитам и пантеллеритам. Для вулканитов эльгэтейской свиты имеются две изотопные U–Pb оценки возраста по циркону – 1732, 1721 млн лет (Диденко и др., 2010). Верхний возрастной предел улканской серии ограничен интрузией улканских гранитоидов с возрастом циркона 1721–1705 млн лет (Неймарк и др., 1992; Ларин, 2011).

Прибайкальский страторегион

Прибайкальский страторегион приурочен к зоне контакта Саяно-Прибайкальской и Алданской СФО (рис. 1) и расположен на площади листов N-48 (Государственная..., 2009), N-49 (Фишев и др., 2011) и O-49 (Митрофанова и др., 2012) ГГК-1000/3. В его разрезе были обособлены породы сарминской и акитканской серий нижнего протерозоя (табл. 1, 2).

Сарминская серия обнажается в пределах узкой протяженной Западно-Прибайкальской площади на западном берегу оз. Байкал. Серия распространена в отдельных блоках и включает три свиты (снизу вверх): харгитуйскую, иликтинскую, голечную. Харгитуйская свита имеет тектонические контакты и сложена кварцитами, кристаллическими сланцами, биотитовыми, амфибол-биотитовыми гнейсами и амфиболитами, но описание ее разреза отсутствует. Данные изотопного возраста детритового циркона показали, что в единую харгитуйскую свиту объединены разновозрастные породы (Ефремова и др., 2022б). На этом основании она не включена нами в состав сарминской серии и не показана в табл. 2.

Иликтинская свита (до 2200 м) граничит с харгитуйской свитой через тектоническую зону, ее нижняя граница неизвестна. Она с размывом перекрывается отложениями акитканской серии (Государственная..., 2009; Фишев и др., 2011). В низах разреза свита имеет карбонатно-кварцево-вулканогенный состав, в верхах – вулканогенно-сланцево-песчаниковый. Среди вулканогенных образований преобладают базальтоиды, но риолиты и средние вулканиты могут достигать 60% от мощности разреза. (Государственная..., 2009). В метаосадках иликтинской свиты определен возраст детритового циркона с максимумами на кривой относительной вероятности возрастов 2003 и 1989 млн лет (Ефремова и др., 2022а). Голечная свита (650 м) выделена только на листе N-49 (Фишев и др., 2011) и сложена хлорит-серицит-кварцевыми сланцами, эффузивами и конгломератами. Соотношения свит достаточно условны, разрезы детально не изучены.

Породы сарминской серии прорваны гранитоидами кочериковского комплекса с изотопным возрастом 1910 млн лет (Бибикова и др., 1987).

Акитканская серия наиболее полно представлена и детально изучена на Северо-Прибайкальской площади этого страторегиона. Ее стратотип, вероятно, расположен в Акитканской “блок-пластине” и был выделен Л.И. Салопом в акитканскую серию (Салоп, 1964). Ее описание приводится в объяснительных записках к листам N-49 (Фишев и др., 2011) и O-49 (Митрофанова и др., 2012) Алдано-Забайкальской серии. В ее разрезе выделяются (снизу вверх): малокосинская, куленянская, домугдинская, хибеленская, ламборская (чайская) и окуньская свиты (табл. 2).

Малокосинская свита (мощность 1000–1700 м) с перерывом и несогласием залегает на породах иликтинской свиты сарминской серии и кочериковского габбро-диорит-гранитного комплекса (Булдыгеров, Собаченко, 2005; Рыцк, Ковач, 2005). Свита сложена терригенными породами, среди которых наиболее характерными являются конгломераты, гравелиты, грубозернистые песчаники. В разрезе установлены покровы основных лав (от базальтов до андезитов), среди которых известны трахибазальты и, возможно, кислые вулканиты. Вулканиты соответствуют толеитовым лейкобазальтам и трахиандезитам с преобладанием Na_2O над K_2O . Изотопный возраст вулканитов составляет 1869 млн лет (Ларин и др., 2003).

Куленянская свита (мощность 1500–2000 м) согласно перекрывает толщи малокосинской свиты и состоит из песчаников и вулканитов (от трахибазальтов до трахидацитов). По петрохимическому составу вулканиты относятся к образованиям, переходным от известково-щелочной серии к умеренно-щелочной, с преобладанием K_2O над Na_2O (Митрофанова и др., 2012). Ее породы прорваны гранитоидами дельбичидинского комплекса с возрастом 1866 млн лет (Неймарк и др., 1998).

Домугдинская свита (мощность 600–2000 м) с размывом залегает на куленянской свите. Она включает конглобрекчии, конгломераты, гравелиты, туфопесчаники, ксенотуфы с линзами туфов и лавобрекчий и лав трахидацитового состава. В верхней части разреза лавы образуют мощные покровы пестроцветных дацитовых, трахириодацитовых, трахидацитовых порфиров. Кислые вулканиты относятся к умеренно-щелочной серии с преобладанием K_2O над Na_2O . Возраст вулканитов составляет 1854 млн лет (Ларин и др., 2003), 1866 млн лет (Неймарк и др., 1991).

Хибеленская свита (мощность до 400 м) залегает на гранитоидах дельбичидинского комплекса и на образованиях малокосинской, куленянской и домугдинской свит. В низах ее разреза присутствуют пачки туфопесчаников, туфоалевролитов, песчаников, гравелитов. Выше она сложена умеренно-щелочными риодацитами, трахириолитами афировыми и порфировыми, их туфами и кластолавами, трахириодацитами, игнимбритами с преобладанием калия над натрием. Возраст вулканитов в разных участках меняется от 1849 до 1878 млн лет (Донская и др., 2008). По мнению некоторых исследователей, хибеленская и домугдинская свиты могут быть тождественными (Диденко и др., 2010).

Выше по разрезу несогласно и с перерывами в основании залегают осадочные породы и кислые умеренно-щелочные вулканиты ламборской (мощность до 600 м) и чайской (мощность 600–2000 м) свит. Ламборская свита залегает с размывом на образованиях хибеленской и домугдинской свит и местами перекрыта верхними

горизонтами чайской свиты. Обе свиты образованы кварцевыми латитами, латитами, латитодацитами, шошонитами, трахириодацитами, их туфами, игнимбритами. Среди них присутствуют горизонты туфопесчаников, туфоалевролитов, песчаников, алевролитов, линзы гравелитов, конгломератов. Возраст кварцевых латитов ламборгской свиты 1827 млн лет (Неймарк и др., 1998), риодацитов чайской свиты – 1863 млн лет (Донская и др., 2007), 1823 млн лет (Неймарк и др., 1991), 1855 млн лет (Ларин и др., 2000). Экструзия трахириолитов, возможно завершающая магматическую деятельность (Собаченко и др., 2005), имеет возраст 1801 млн лет (Булдыгеров, Собаченко, 2005).

Окуньская свита (мощность 500–1000 м) завершает разрез и с перерывом перекрывает породы чайской свиты. Иногда она залегает без видимого несогласия, с постепенным переходом от чайской свиты к окуньской через увеличение в разрезе роли грубозернистых кварцевых песчаников и появление линз гравелитов и конгломератов. Она сложена песчаниками и конгломератами. Конгломераты в основании разреза крупновалунные, вверх постепенно переходят в мелкогалечные. Свита прорвана долеритами чайского комплекса с изотопным возрастом около 1752 млн лет (Булдыгеров, Собаченко, 2005).

Приведенные материалы по геологии и геохронологии пород нижнего докембрия в пределах Прибайкальского страторегиона соответствуют представлениям о выделении здесь сарминской и акитканской серий. Серии разделены временным интервалом от 1910 млн лет (кориковский комплекс гранитоидов) и до 1869 млн лет (лавы малокосинской свиты). С этим временем связаны коллизионные события в южной части Сибирского кратона (Gladkochub et al., 2006). В разрезе существенно вулканогенной акитканской серии намечается разделение по особенностям вулканизма (Неймарк и др., 1998; Донская, и др., 2008) (табл. 2). Нижняя часть разреза (малокосинская и куленянская свиты) отличается развитием вулканитов известково-щелочной серии и прорвана гранитами. Для средней части (хибеленская, ламборгская и чайская свиты) характерен умеренно-щелочной вулканизм с преобладанием калия над натрием. Образования хибеленской свиты залегают на гранитоидах низов разреза. Верхняя часть разреза серии представлена терригенными породами окуньской свиты. Однако необходимо уточнение положения границ и возраста этих частей разреза. В настоящее время они не могут быть выделены в самостоятельные стратиграфические подразделения в ранге серий.

Урикско-Ийский страторегион

За пределами Прибайкальского страторегиона разрез нижнего протерозоя описан в Урикско-Ийском страторегионе или одноименном грабене (рис. 1) и представлен

сублукской серией (Галимова и др., 2012). В составе серии объединены (снизу вверх): шаблыкская, большеереченская, далдарминская, урикская и ингашинская свиты. Контакт урикской свиты с вышележащей ингашинской – тектонический, с подстилающей далдарминской свитой – несогласный стратиграфический. В соответствии с другой точкой зрения, которая кажется нам предпочтительней, в строении грабена выделяется следующая последовательность свит этой серии (Гладкочуб и др., 2014): шаблыкская, большеереченская (ингашинская), далдарминская, урикская (аршанская) (табл. 2). Шаблыкская свита имеет тектонические контакты с большеереченской свитой, изотопный возраст ее пород не установлен, и она не включена нами в состав серии. Большеереченская свита сложена кварц-биотитовыми, серицит-хлоритовыми сланцами, песчаниками, туфопесчаниками с прослоями конгломератов и метагравелитов. В верхах разреза присутствуют metabазальты, кислые вулканыты, редкие линзы известняков и железистых кварцитов. Породы свиты прорваны телами габброидов зимовнинского комплекса с возрастом 1913 млн лет (Галимова и др., 2012; Гладкочуб и др., 2014). Ингашинская свита имеет существенно песчаниково-сланцевый состав с ритмичным характером переслаивания пород и рассматривается как синхронная с большеереченской свитой. Она прорвана базитами ангашинского комплекса с возрастом 1913 млн лет (Gladkochub et al., 2010). Установлен возраст обломочного циркона из осадочных пород ингашинской свиты с минимальным значением 1909 млн лет и преобладающим – 1963 млн лет (Гладкочуб и др., 2014). Эти данные позволяют считать, что обе свиты в этом разрезе не моложе 1913 млн лет.

Далдарминская свита залегает с конгломератами в основании на породах большеереченской свиты. Она сложена сланцами, часто углеродистыми, кварцитами, песчаниками и алевролитами, среди которых располагаются горизонты эффузивов среднего и кислого состава. В верхней части разреза встречаются выклинивающиеся по простиранию прослой и линзы кварцевых порфиров, амфиболизированных долеритовых порфиров и их туфов, ортоамфиболитов. Низы ее разреза прорваны габбро-диоритами игнокского комплекса с конкордантным изотопным возрастом циркона 1836 млн лет (Донская и др., 2018) и 1887 млн лет (Галимова и др., 2012). На гистограмме вероятности распределения возраста циркона из терригенных пород свиты выделяются два максимума 1845 и 1750 млн лет (Гладкочуб и др., 2014).

Урикская свита с перерывом залегает на породах далдарминской свиты и сложена в основном метаосадками. Кроме того, отмечаются амфиболиты, роль которых и происхождение неясны (Галимова и др., 2012). Таким образом, обе свиты должны быть моложе 1900 млн лет.

Приведенные материалы позволяют предположить, что сублукская серия может быть разделена на две самостоятельные серии, нижняя из которых образована породами большевиченской и ингашинской свит.

Биякчанская зона блоков

Биякчанская зона блоков прослеживается на 230 км в виде субмеридиональной полосы небольших тектонических блоков. Они расположены на листах О-53 (Дымович и др., 2012) и О-54 (Зелепугин и др., 2021) между краем Сибирского кратона и Охотским массивом (рис. 1).

Породы, слагающие блоки на листе О-54, отнесены к биякчанской серии нижнего протерозоя, описание ее разреза отсутствует. Образования, перекрывающие и подстилающие ее, не установлены. Серия представлена вулканогенно-осадочными породами левонябальджанской толщи (табл. 2), смятыми в складки и метаморфизованными в условиях зеленосланцевой фации. Среди пород серии доминируют кварцевые песчаники, полевошпатово-кварцевые песчаники, гравелиты, конгломераты, алевролиты, глинисто-серицитовые сланцы. Характерна хорошая сортированность и окатанность кварцевых зерен. Отмечается косая слоистость. Часто встречаются пластовые тела и дайки базальтов, андезибазальтов, кварцевых порфиров. Положение в разрезе и соотношения осадочных пород и вулканитов не установлены. Из пробы кварцевого песчаника были выделены детритовые кристаллы циркона. Среди них преобладают мелкие зерна овальной и округлой форм, более крупные призматические кристаллы встречаются реже. Оценки возраста циркона образуют на диаграмме с конкордией два конкордантных кластера с возрастными значениями 2118 ± 13 и 2054 ± 9 млн лет. Возраст 2054 млн лет отвечает нижнему возрастному пределу накопления кварцитов (Кузьмин и др., 2020; Зелепугин и др., 2021). Считается, что толща прорвана гранитоидами Левонябальджанского массива нудымийского комплекса. Циркон в них представлены длинно- и короткопризматическими кристаллами, обладающими двухфазным строением. Краевая зона отличается отсутствием зональности и формирует габитус кристаллов. Центральная зона обладает слабо выраженной зональностью и содержит редкие расплавные включения, что отражает ее магматическое происхождение. Вычисленный средневзвешенный возраст для семи точек центральной и краевой частей кристаллов цирконов показал значение 2049.2 ± 7 (Зелепугин и др., 2021) или 2050 ± 3 млн лет (Кузьмин и др., 2020) и принят авторами как время формирования интрузии гранитоидов и верхний предел возраста серии.

Обращает на себя внимание близость возраста обломочного циркона из кварцитов и из краевых зон магматического циркона гранитоидов. Отсутствие непосредственных соотношений этих образований требует дополнительного обоснования верхней временной границы серии. По этой причине гранитоиды не показаны нами в табл. 2. Мнение авторов о возрасте нижней границы билякчанской серии представляется вполне обоснованным.

СОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗРЕЗОВ И НОВЫЙ ВАРИАНТ РЕГИОНАЛЬНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Приведенные выше материалы по разрезам страторегионов позволяют провести их корреляцию, опирающуюся на современные данные изотопного возраста пород, и предложить уточненный вариант региональной стратиграфической схемы нижнего докембрия южной части Сибирского кратона (табл. 2). В ней, как и в схеме МСК 1991 г., сохранены крупнейшие региональные подразделения сахаборий, удоканский и улканский, которым придан ранг надгоризонтов. Сохранены их последовательность, объемы, состав.

Сахаборий развит ограниченно только в Чаро-Олекминском страторегионе и не имеет установленных верхней и нижней стратиграфических и временных границ (табл. 2), его полный разрез не известен. Для него характерно развитие вулканитов основного и ультраосновного состава, образующих линейные протяженные прогибы. От перекрывающих образований нижнего протерозоя он отделен крупным структурным несогласием. По данным изотопного возраста сахаборий, несомненно, относится к среднему–нижнему лопию.

В нижнем протерозое обособляются удоканский и улканский надгоризонты. Для первого из них характерно преобладание осадочных пород, для второго – основных и кислых вулканитов. Породы первого из них древнее 1900 млн лет, второго – моложе этого значения (табл. 2). Можно полагать, что они разделены длительным стратиграфическим перерывом в процессах седиментации и вулканизма. Временная граница между ними может быть близка к 1900 млн лет, как это и предполагалось в схеме МСК (табл. 1).

Удоканский надгоризонт начинается известный разрез нижнего протерозоя в регионе и официально был выделен и утвержден МСК в 1991 г. (табл. 1). Его нижняя стратиграфическая и временная границы не известны, верхняя – одновременно является нижней границей более молодого улканского надгоризонта. Установлено, что образования удоkania древнее 1900 млн лет. Можно полагать, что эти надгоризонты разделены длительным стратиграфическим перерывом в процессах седиментации и вулканизма. Удоканский надгоризонт может быть разделен на два горизонта с рабочими названиями “кодари-чинейский” и “кеменский” (“предакитканский”). К их границе в Алданской СФО

приурочены первые задокументированные коры выветривания, перерывы и несогласия (табл. 2). **Кодаро-чинейский горизонт** представлен только в Кодаро-Удоканском страторегионе. Он включает кодарскую и чинейскую серии, граница между которыми постепенная и отражает, вероятно, эволюционную смену условий седиментации от терригенных до карбонатных (со строматолитами) отложений. В Алдано-Забайкальской серии листов они были объединены в удоканский горизонт нижнекарельской эратемы (табл. 1). По данным изотопного возраста кодарская серия может быть отнесена к нижнекарельской эратеме (древнее 2100 млн лет), чинейская серия, или часть ее разреза, может принадлежать и к верхнекарельской эратеме. Положение границы эратем в разрезе горизонта остается неопределенным и требует прояснения. **Кеменский горизонт** (или улканский горизонт в Алдано-Забайкальской серии листов) распространен более широко, но за пределами Алданской СФО не имеет установленной нижней стратиграфической границы (табл. 2). Он представлен осадочно-вулканогенным (низы сублукской серии и сарминская серия) и осадочным (кеменская, кебектинская серии и топориканская свита улканской серии Алданской СФО) типами разрезов. Соотношения типов разрезов не установлены, но их породы также древнее 1.9 млрд лет. Для осадочного типа характерно широкое распространение дифференцированных кварц-полевошпатовых отложений. К этому типу разрезов можно отнести толщи существенно кварцевых метапесчаников левонябальджанской толщи биякчанской серии, которые моложе 2050 млн лет. В Алданской СФО, где в основании разрезов развиты коры выветривания, возраст пород не древнее 2020 млн лет. Еще западнее (в обрамлении Саяно-Прибайкальской СФО) низы разреза осадочно-вулканогенного типа не установлены, а возраст пород моложе 2000 млн лет (табл. 2). Возраст нижней границы горизонта остается неопределенным и условно принят нами близким к 2050 млн лет. Таким образом, породы кеменского комплекса относятся к верхнекарельской эратеме и сформировались между 2.05–1.9 млрд лет тому назад, а кодаро-чинейский горизонт древнее 2.05 млрд лет. Следовательно, низы разреза удоканского надгоризонта должны относиться к нижнему карелию, а верхи – к верхнему карелию.

Улканский надгоризонт завершает разрез нижнего протерозоя в регионе и распространен в линейных зонах вблизи границ СФО (Урикско-Ийский, Прибайкальский страторегионы) или на краю Алданской СФО (Улканский страторегион). В Прибайкальском страторегионе он представлен акитканской серией, которая с несогласием и перерывом перекрывает породы кеменского горизонта. Особенностью серии является широкое развитие вулканитов от основного до кислого состава. Возраст лав в страторегионе укладывается в интервал 1969–1800 млн лет, а молодых интрузивных

гранитов – 1752 млн лет, что и определяет их позднекарельский возраст. К этому надгоризонту по времени (и по составу) нами отнесены породы далдарминской свиты сублукской серии, которые моложе 1900 млн лет (табл. 2), также улкачанская и эльгэтейская свиты улканской серии, прорванные гранитами с возрастом 1721–1705 млн лет и с перерывом и несогласием отделенные от кварцитопесчаников топориканской свиты. Таким образом, время формирования надгоризонта отвечает интервалу 1.70–1.9 млрд лет, и он относится к верхнекарельской эратеме. В настоящее время недостаточно данных для расчленения надгоризонта на самостоятельные горизонты.

ВЫВОДЫ

1. Приведенные материалы по характеристике разрезов и современные данные изотопного возраста их пород позволили предложить вариант уточненной региональной стратиграфической схемы нижнего докембрия юга Сибирского кратона.
2. Принципиальное отличие этой схемы связано с сопоставлением разрезов на большей площади и разделением удоканского надгоризонта на два самостоятельных горизонта – “кодаро-чинецкий” и “кеменский” (предакитканский). Их граница приурочена к первым корам выветривания, перерывам и несогласиям.
3. Кодаро-чинецкий горизонт включает кодарскую (древнее 2100 млн лет) и чинецкую (древнее 2050 млн лет) серии, граница между которыми постепенная.
4. Кеменский горизонт за пределами Алданской СФО не имеет установленной нижней стратиграфической границы. Он представлен породами низов сублукской серии и сарминской, кеменской, кебектинской серий и топориканской свиты улканской серии. Все они древнее 1.9 млрд лет, а возраст нижней границы горизонта остается неопределенным и принят близким к 2050 млн лет.

Улканский надгоризонт (стратотип акитканская серия) с несогласием и перерывом перекрывает породы кеменского горизонта. Возраст лав серии укладывается в интервал 1800–1969 млн лет, а рвущих гранитов – 1752 млн лет. В состав надгоризонта включены образования далдарминской свиты сублукской серии, улкачанской и эльгэтейская свит улканской серии.

Источники финансирования. Работа выполнена в рамках объекта Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского “Проведение в 2021–2023 годах работ по сводному и обзорному картографированию территории Российской Федерации, Государственное задание Федерального агентства по недропользованию от 14.01.2021 № 049-00016-21-00”, раздел “Актуализация геологической карты раннедокембрийских образований территории России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2500000 в формате ГИС с базами фактографической

и картографической информации и составление геологической карты познедокембрийских образований территории России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2500000”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Адамская Е.В., Ковач В.П., Котов А.Б., Толмачева Е.В., Плоткина Ю.В., Сковитина Т.М., Федосеенко А.М., Горовой В.А. Первые результаты U–Th–Pb (LA-ICP-MS) датирования детритового циркона из метатерригенных отложений кодарской серии удоканского комплекса // Геология на окраине континента. II молодежная научная конференция-школа ДВГИ ДВО РАН. Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального ун-та, 2022. С. 65–68.

Адамская Е.В., Ковач В. П., Котов А. Б., Ларин А. М., Толмачева Е. В., Плоткина Ю. В., Сковитина Т. М., Федосеенко А. М., Горовой В. А. Обоснование возраста кодарской серии удоканского комплекса по результатам U–Th–Pb (LA-ICP-MS) датирования детритового циркона // Геодинамика и минерагения Северной Евразии. Материалы VI Международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского гос. ун-та, 2023. С. 20–23.

Бережная Н.Г., Бибикова Е.В., Сочава А.В., Кирнозова Т.И., Макаров В.А., Богомолов Е.С. Изотопный возраст чинейской подсерии удоканской серии Кодаро-Удоканского прогиба // Докл. АН СССР. 1988. Т. 302. № 5. С. 1209–1212.

Бибикова Е.В., Кирнозова Т.И., Макаров В.А., Другова Г.М., Бушмин С.А. О времени вулканизма в Олондинском зеленокаменном поясе (Восточная Сибирь) // Докл. АН СССР. 1984. Т. 279. № 6. С. 1424–1428.

Бибикова Е.В., Кориковский С.П., Кирнозова Т.И., Сумин Л.В., Аракелянц М.М., Федоровский В.С., Петрова З.И. Определение возраста пород Байкало-Витимского зеленокаменного пояса изотопно-геохронологическими методами // Изотопное датирование процессов метаморфизма и метасоматоза. Л.: Наука, 1987. С. 154–164.

Бортников В.В., Ковач В.П., Самсонов А.В., Котов А.Б., Адамская Е.В., Подковыров В.Н., Ерофеева К.Г., Плоткина Ю.В., Федосеенко А.М. Возраст и источники сноса терригенных пород кебектинской серии Угуйского грабена, Алданский щит // Стратиграфия докембрия: проблемы и пути решения. Материалы VIII Российской конференции по проблемам геологии докембрия (Санкт-Петербург, 25–29 сентября 2023 г.) [Электронный ресурс]. СПб.: Свое издательство, 2023. С. 30–33.

Булдыгеров В.В., Собаченко В.Н. Проблемы геологии Северо-Байкальского вулcano-плутонического пояса. Иркутск: Иркутский ун-т, 2005. 184 с.

Галимова Т.Ф., Пашкова А.Г., Поваринцева С.А., Перфильев В.В., Намолова М.М., Андрющенко С.В., Денисенко Е.П., Пермьяков С.А., Миронюк Е.П., Тимашиков А.Н., Плеханов А.О. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 :

1 000000 (третье поколение). Серия Ангаро-Енисейская. Лист N-47 – Нижнеудинск. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 652 с.

Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Станевич А.М., Донская Т.В., Мотова З.Л., Ванин В.А. Возрастные уровни и геодинамические режимы накопления докембрийских толщ Урикско-Ийского грабена, юг Сибирского кратона // Геотектоника. 2014. № 5. С. 17–31.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1000000, новая серия, лист О-(50), 51. Объяснительная записка. Отв. ред. Миронюк Е.П. СПб.: ВСЕГЕИ, 1998. 428 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1000000 (третье поколение). Серия Ангаро-Енисейская. Лист N-48 – Иркутск. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 574 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1000000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист О-50 – Бодайбо. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. 612 с.

Диденко А.Н., Гурьянов В.А., Песков А.Ю., Пересторонин А.Н., Авдеев Д.В., Бибикина Е.В., Кирнозова Т.И., Фугзан М.М. Геохимия и геохронология магматических пород Улканского прогиба (новые данные) // Тихоокеанская геология. 2010. Т. 29. № 5. С. 44–69.

Донская Т.В., Мазукабзов А.М., Бибикина Е.В. и др. Стратотип чайской свиты акитканской серии Северо-Байкальского вулcano-плутонического пояса: возраст и продолжительность осадконакопления // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 9. С. 916–920.

Донская Т.В., Бибикина Е.В., Гладкочуб Д.П., Бибикина Е.В., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Баянова Т.Б., ДеВаэле Б., Диденко А.Н., Бухаров А.А., Кирнозова Т.И. Петрогенезис и возраст вулканитов кислого состава Северо-Байкальского вулcano-плутонического пояса, Сибирский кратон // Петрология. 2008. Т. 16. № 5. С. 452–479.

Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Лепехина Е.Н., Демонтерова Е. И., Мотова З.Л. Возраст и геохимическая характеристика пород Игнокского габбро-диоритового массива Урикско-Ийского грабена (южная часть Сибирского кратона) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Вып. 16. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2018. 303 с.

Дымович В.А., Васькин А.Ф., Опалихина Е.С., Кисляков С.Г., Атращенко А.Ф., Романов Б.И., Зелепугин В.Н., Шаров Л.А., Леонтьева Л.Ю. Государственная

геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1000000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист О-53 – Нелькан. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. 364 с.

Ефремова У.С., Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Брянский Н.В. Состав, U–Pb возраст детритовых цирконов и источники вещества терригенных пород иликтинской свиты (Западное Прибайкалье) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Вып. 20. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2022а. С. 101–104.

Ефремова У.С., Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Иванов А.В., Брянский Н.В. Оценка возраста детритовых цирконов как инструмент в разделении сильно дислоцированных метаморфических толщ (на примере харгитуйской свиты Байкальского выступа фундамента Сибирской платформы) // Возраст и корреляция магматических, метаморфических, осадочных и рудообразующих процессов. Материалы VIII Российской конференции по изотопной геохронологии (Санкт-Петербург, 7–10 июня 2022 г). СПб.: ВСЕГЕИ, 2022б. С. 52–54.

Зелепугин В.Н., Дымович В.А., Лопатин Б.Г., Кирьянова В.В., Саутченкова Р. А., Иванова В.В., Кузьмин В.К., Бондаренко С.С., Юрченко Ю.Ю., Опалихина Е.С., Петраков Н.А., Иванова Т.К., Супруненко О.И., Проскурин Г.Ю. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1000000. Третье поколение. Серия Дальневосточная. Лист О-54 – Охотск. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2021. 504 с.

Ковач В.П., Котов А.Б., Гладкочуб Д.П., Толмачева Е.В., Великославинский С.Д., Гороховский Б.М., Подковыров В.Н., Загорная Н.Ю., Плоткина Ю.В. Возраст и источники метапесчаников чинейской подсерии удоканской серии (Алданский щит): результаты геохронологических (LA-ICP-MS) и Nd-изотопных U–Th–Pb исследований // Докл. АН. 2018а. Т. 482. № 2. С. 177–180.

Ковач В.П., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Гладкочуб Д.П., Скляр Е.В., Толмачева Е.В., Великославинский С.Д., Гороховский Б.М., Подковыров В.Н., Ларин А.М., Загорная Н.Ю., Плоткина Ю.В., Федосеенко А.М. Возраст и источники терригенных отложений удоканской серии Удоканской зоны Кодаро-Удоканского прогиба (Алданский щит): результаты геохронологических и Nd изотопных исследований // Методы и геологические результаты изучения изотопных геохронометрических систем минералов и пород. М.: ИГЕМ РАН, 2018б. 399 с.

Ковач В.П., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Попов Н.В., Великославинский С.Д., Плоткина Ю.В., Ван К.Л., Федосеенко А.М. Верхняя возрастная граница Олондинского

фрагмента Токко-Ханинского зеленокаменного пояса Алданского щита: результаты U–Pb (ID-TIMS) геохронологических исследований // Докл. АН. 2020. Т. 104. № 2. С. 15–21.

Ковач В.П., Ларин А.М., Адамская Е.В., Котов А.Б., Плоткина Ю.В., Загорная Н.Ю., Сковитина Т.М., Федосеенко А.М., Гороховский Б.М. О возрасте кодарской серии Кодарской подзоны удоканского комплекса западной части Алданского щита: результаты U–Th–Pb (LA-ICP-MS) геохронологических и Nd изотопных исследований // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Вып. 20. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2022. С. 128–129.

Котов А.Б., Анисимова И.В., Глебовицкий В.А., Ковач В.П., Сальникова Е.Б., Смелов А.П., Березкин В.И., Загорная Н.Ю. Возрастные рубежи формирования зеленокаменных поясов западной части Алданского щита // Докл. АН. 2004. Т. 398. № 5. С. 661–665.

Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Ковач В.П., Великославинский С.Д., Скляр Е.В., Гладкочуб Д.П., Ларин А.М., Толмачева Е.В., Федосеенко А.М., Плоткина Ю.В. Верхняя возрастная граница формирования протолитов метаосадочных пород нижней части разреза удоканской серии (Алданский щит) // Докл. АН. 2018. Т. 479. № 4. С. 412–416.

Кузьмин В.К., Богомолов Е.С., Кузнецов А.Б. Палеопротерозойский возраст (2055–2050 млн лет) вулканогенно-терригенных пород Билякчанской зоны сочленения Сибирской платформы и Охотского массива // Докл. АН. 2020. Т. 492. № 2. С. 5–10.

Ларин А.М. Граниты рапакиви и ассоциирующие породы. СПб.: Наука, 2011. 402 с.

Ларин А.М., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Ковач В.П., Макарьев Л.Б., Тимашков А.Н., Бережная Н.Г., Яковлева С.З. Новые данные о возрасте гранитов кодарского и тукуринского комплексов, Восточная Сибирь: геодинамические следствия // Петрология. 2000. Т. 8. № 3. С. 267–279.

Ларин А.М., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., академик В. И. Коваленко, Рыцк Е.Ю., Яковлева С.З., Бережная Н.Г., Ковач В.П., Булдыгеров В.В., Срывцев Н.А. Северо-Байкальский вулcano-плутонический пояс: возраст, длительность формирования и тектоническое положение // Докл. АН. 2003. Т. 392. № 4. С. 506–511.

Ларин А.М., Сальникова Е.Б.; Котов А.Б.; Макарьев Л.Б., Яковлева С.З., Ковач В.П. Раннепротерозойские коллизионные и постколлизионные граниты северной части Байкальской складчатой области // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 14. № 5. С. 3–15.

Митрофанова Н.Н., Болдырев В.И., Коробейников Н.К., Митрофанов Г.Л., Кнутова С.В., Семейкина Л.К., Пай В.М., Владимиров А.Е., Горяинова Л.Н., Макарьев Л.Б. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1000000

(третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист О-49 – Киренск. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. 607 с.

Неймарк Л.А., Ларин А.М., Яковлева С.З., Срывцев Н.А., Булдыгеров В.В. Новые данные о возрасте пород акитканской серии Байкало-Патомской складчатой области по результатам U–Pb датирования цирконов // Докл. АН. 1991. Т. 320. № 1. С. 182–186.

Неймарк Л.А., Ларин А.М., Яковлева С.З., Гороховский Б.М. U–Pb возраст магматических пород Улканского грабена (юго-восточная часть Алданского щита) // Докл. АН СССР. 1992. Т. 323. № 6. С. 1152–1156.

Неймарк Л.А., Ларин А.М., Немчин А.А., Овчинникова Г.В., Рыцк Е.Ю. Геохимические, геохронологические (Pb, Nd) свидетельства анорогенного характера магматизма Северо-Байкальского вулcano-плутонического пояса // Петрология. 1998. Т. 6. № 22. С. 139–164.

Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 200 с.

Подковыров В.Н., Котов А.Б., Ларин А.М., Котова Л.Н., Ковач В.П., Загорная Н.Ю. Источники и области сноса раннепротерозойских терригенных пород удоканской серии южной части Кодаро-Удоканского прогиба: результаты Sm–Nd изотопно-геохимических исследований // Докл. АН. 2006. Т. 408. № 2. С. 1–5.

Постановление МСК. Вып. 26. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1992. 69 с.

Пухтель И.С., Журавлев Д.З. Петрология основных-ультраосновных метавулканитов и ассоциирующих с ними пород Олондинского зеленокаменного пояса, Алданский щит // Петрология. 1993. Т. 1. № 3. С. 308–348.

Радьков А.В., Молчанов А.В., Артемьев Д.С., Беленко Е.В., Голобурдина М.Н., Ибрагимова Э.К., Иванов Д.Н., Козлов Д.С., Кукушкин К.А., Минина Е.А., Петров В.В., Смирнов Е.А., Смирнова Е.В., Соловьев О.Л., Терехов А.В., Тимашков А.Н., Ушакова Д.Д., Хорохорина Е.И., Шатов В.В., Шатова Н.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1000000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист О-51 – Алдан. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2015. 365 с.

Рыцк Е.Ю., Ковач В.П. Байкальская складчатая область: неопротерозойская рифтогенная окраина Палеоазиатского океана // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы совещания. Т. 2. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2005. С. 85–88.

Салон Л.И. Геология Байкальской горной области. Т. 1. Стратиграфия. М.: Недра, 1964. 515 с.

Салон Л.И. Архей и протерозой СССР // Геологическое строение СССР. Т. 1. Стратиграфия. М.: Недра, 1968. С. 199–203.

Собаченко В.Н., Бибилова Е.В., Кирнозова Т.И., Булдыгеров В.В., Сандимирова Г.П., Куц Л.В., Макрыгина В.А. Уран-свинцовое датирование поздних магматитов и редкометальных метасоматитов Северо-Байкальского вулканоплутонического пояса // Геохимия. 2005. № 12. С. 1345–1352.

Сочава А.В. Петрохимия верхнего архея и протерозоя запада Витимо-Алданского щита. Л.: Наука, 1986. 142 с.

Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: ВСЕГЕИ, 2019. 96 с.

Федоровский В.С. Стратиграфия нижнего протерозоя хребтов Кодар и Удокан. М.: Наука, 1972. 130 с.

Фишев Н.А., Шелгачев К.М., Игнатович В.И., Гусев Ю.П., Минина О.Р., Шатковская Л.В., Гречаник Т.И., Смирнова С.А., Катюха Ю.П., Хохлов Е.В., Бузовкин С. В., Духовский А.А., Иогансон А. К., Семенова Л.Р., Суриков С.Н., Тихомиров И.Н., Шор Г. М., Миронов Ю.Б., Алексеенко В.Д., Самович Д.А., Митрофанов Е.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1000000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист N-49 – Чита. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2011. 604 с.

Gladkochub D.P., Pisarevsky S.A., Donskaya T.V. et al. The Siberian Craton and its evolution in terms of the Rodinia hypothesis // Episodes. 2006. V. 29. № 3. P. 169–174.

Gladkochub D.P., Pisarevsky S.A., Donskaya T.V., Ernst R. E., Wingate M.T.D., Söderlund U., Mazukabzov A.M., Sklyarov E.V., Hamilton M.A., Hanes J.A. Proterozoic mafic magmatism in Siberian craton: an overview and implications for paleocontinental reconstruction // Precambrian Res. 2010. V. 183. P. 660–668.

Perello J., Sillitoe R. H., Yakubchuk A. S., Valencia V. A., Cornejo P. Age and tectonic setting of the Udokan sediment-hosted copper-silver deposit, Transbaikalia, Russia // Ore Geology Reviews. 2017. V. 86. P. 856–866.

Rosen O. M. Siberian craton – a fragment of a Paleoproterozoic Supercontinent // Russian journal of earth sciences. 2002. V. 4. N. 2. P. 103–119.

Рецензенты А.Б. Котов, К.А. Савко

Рис. 1. Схема расположения опорных площадей (страторегионов) нижнего докембрия в южной части Сибирского кратона.

1 – южная граница осадочного чехла; 2 – граница кратона (Rosen, 2002); 3 – границы страторегионов (опорных площадей); 4–6 – нижнедокембрийские породы в страторегионах: 5 – нижний протерозой (нижний и верхний карелий), 5 – только верхний карелий, 6 – верхний архей (лопий). Цифры в кружках – страторегионы (опорные площади): 1 – Прибайкальский, 2 – Кодаро-Удоканский, 3 – Улканский, 4 – Билякчанская зона блоков, 5 – Урикско-Ийский, 6 – Чаро-Олекминский.

Stratigraphy and Correlation of Basal Sections of the Lower Precambrian of the Southern Part of the Siberian Craton

Yu. B. Bogdanov^a, S. A. Anisimova^{a, #}

Karpinsky All-Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia

#e-mail: Svetlana_Anisimova@karpinskyinstitute.ru

For the southern part of the Siberian Craton, the geological and geochronological characteristics of the reference sections of six stratoregions of the Lower Precambrian are given. For the first time, their correlation was carried out, which served as the basis for the refined author's regional stratigraphic scheme of the region. As a result, in the regional stratigraphic scheme, as in the 1991 scheme, three largest regional divisions are separated by composition and age, which are given the rank of supra-horizons (from bottom to top) – Sahabori, Udokan and Ulkan. For the first time, it was proposed to isolate two regional horizons in the Udokan upland with the working names Kodar-Chinei (lower) and Kemen (upper). Regional divisions are divided by disagreements and interruptions. It can be assumed that the age of the lower boundary of the Kemen horizon is close to 2.05 billion years, and those of the Udokan and Ulkan superhorizons are 1.9 Ga. It is possible to assume that these supra-horizons are separated by a long stratigraphic break. The stratigraphic boundaries of the Sahabori and the lower boundary of the Udokan supra-horizon have not been established. According to the isotopic age data, the regional divisions are compared with the General Stratigraphic Scale of the Lower Precambrian of Russia. The Sahabori undoubtedly belongs to the Upper Archean (Lopian), the Udokan and Ulkan superhorizons, to the Lower Proterozoic (Karelian) eonothems. Rocks of the Kodar-Chinei

horizon belong to the undivided Lower and Upper Karelian erathems. The formations of the Kemen horizon and the Ulkan upland belong to the Upper Karelian eratheme.

Keywords: Archean, Lower Proterozoic, supra-horizons, Sahabori, Udokan, Ulkan, Siberian Craton, Regional stratigraphic scheme

Глоссарий

- Алданский щит – р. Алдан; Aldan
- Удоканский надгоризонт – р. Удокан; Udokan
- Улканский надгоризонт – р. Улкан; Ulkan
- Джялтуктинская серия – р. Джялтукта; Jaltukta
- Кодарская серия – р. Кодар; Kodar
- Икабийская свита – р. Икабья; Ikabya
- Инырская свита – р. Иныр; Inyr
- Аянская свита – р. Аян; Ayap
- Чинейская серия – р. Чина; Chinei
- Читкандинская свита – р. Читканда; Chitkanda
- Кеменская серия – р. Кемен; Kemen
- Талаканская свита – р. Талакан; Talakan
- Сакуканская свита – р. Сакукан; Sakukan
- Намингинская свита – р. Наминга; Naminga
- Кебектинская серия – р. Кебекта; Kebekta
- Топориканская свита – р. Топорикан; Toporikan
- Улкачанская свита – р. Улкачан; Ulkachan
- Эльгэтейской свит – р. Эльгэтей; Elgatay
- Сарминская серия – р. Сарма; Sarma
- Харгитуйская свита – р. Харгитуй; Hargitui
- Иликтинская свита – р. Иликта; Iikta
- Чуйско-Нечерская зона – рр. Чуя, Нечера; Chuya. Nechera
- Голечная свита – гора Голец; Golets
- Акитканская серия – р. Акиткан; Akitkan
- Малокосинская свита – р. Малая коса; Malaya Kosa
- Куленянская свита – р. Кулена; Kulena
- Домугдинская свита – р. Домугда; Domugda
- Хибеленская свита – р. Хибелен; Hibelan
- Ламборская свита – р. Ламбора; Lambora
- Окуньская свита – р. Окунь; Okun
- Чайский комплекс – р. Чая; Chaya
- Кориковский комплекс – С. П. Кориковский; Kirikovskii
- Урикско-Ийский страторегион – р. Урик, р. Ия; Urík, Iya
- Шаблыкская свита – р. Шаблык; Shablyk

Большереченская (ингашинская) свита – р. Большая, п. Инга; Bolshaya, Inga

Далдарминская свита – р. Далдарма; Daldarma

Билякчанская зона – р. Билякча; Bilyakcha

Нудымийский комплекс – р. Нудыма; Nudima