

УДК 552.43:551.72

ИЛЬМЕНИТСОДЕРЖАЩИЕ МЕТАПЕЛИТЫ СКЛАДЧАТЫХ СИСТЕМ СЕВЕРА РОССИИ

© 2011 г. И. И. Голубева, Л. В. Махлаев

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН
167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 54
E-mail: iigolubeva@geo.komisc.ru*

Поступила в редакцию 15.04.2011 г.

В статье описаны петрохимические и геохимические особенности ильменитсодержащих сланцев докембрийских складчатых поясов Севера России (Северный Таймыр, Полярный Урал, Средний Тиман, Кольский п-ов). Петрохимические и геохимические характеристики этих пород увязаны с природой исходного материала. Авторы полагают, что формирование ильменита в таких сланцах обусловлено присутствием базитового материала в источнике сноса исходного осадочного вещества.

Ключевые слова: *ильменит, метapelиты, докембрий, прибрежно-морские титановые россыпи.*

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении последних десятилетий титан упорно завоевывает все более высокие позиции в промышленности. В этой связи безмерно возросла роль сырьевых источников этого элемента. Вот уже более четверти века не только ведущим, но практически единственным источником промышленного титана являются современные прибрежно-морские россыпи (ПМР) соответствующих минералов, преимущественно ильменита. У нас в стране таких месторождений нет. Совершенно очевидно, что для их выявления, как и для организации рациональных прогнозных работ, крайне необходимо решить вопрос об источнике таких объектов: из каких горных пород и каких их ассоциаций поступают туда титановые минералы. Традиционно принято считать, что эту роль играют магматические породы – преимущественно базиты и гипербазиты [12]. Тем не менее, нашими, как и работами ряда других исследователей, выявлен принципиально иной источник титана для современных ПМР и показано, что именно ему принадлежит исключительная роль в их формировании. Этим источником являются метаморфические сланцы осадочного происхождения, а именно титанистые (точнее – ильменитсодержащие) метapelиты. В.А. Калужный вполне обоснованно назвал их “Новыми россыпеобразующими формациями” [9]. Широкое развитие таких пород и их значительные объемы резко меняют к лучшему перспективы на выявление в России титановых россыпных месторождений мирового уровня. Однако для разработки соответствующих прогнозных критериев и конкретных поисковых рекомендаций необходимо комплексное исследование этих образований в разных регионах их проявления с привлечением не только петрографи-

ческих, но и минералогических, геохимических и микрогеохимических методов.

Ильменит в породах этой формации отнюдь не является ведущим минералом, но он не принадлежит и к аксессуарам, составляя нередко до 5% их объема. Он образует в метapelитах относительно крупные, причем явно метаморфогенные кристаллы – пластинчатые порфиобласты, достигающие порой 5–6 мм в поперечнике. Его формирование начинается в этих породах в условиях хлорит-биотитовой субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма, достигает максимального развития в условиях эпидот-амфиболитовой фации, а на более высоких уровнях преобразования (амфиболитовая фация) он замещается рутилом, ильменорутилом, титанитом [10, 11]. При этом содержание собственно титановых минералов в условиях амфиболитовой фации метаморфизма заметно снижается, даже если содержание титана в породе остается неизменным. Это происходит из-за того, что при соответствующих температурах этот элемент начинает активно включаться в состав пороодообразующих силикатов – биотита и амфибола, чего в зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фациях не наблюдается.

ИЛЬМЕНИТСОДЕРЖАЩИЕ СЛАНЦЫ

К настоящему времени метapelиты с ильменитом известны в метаморфических толщах многих регионов России. Несмотря на многочисленные общие черты, присущие этим породам, соответствующие образования разных регионов характеризуются, тем не менее, рядом специфических особенностей. Различия эти достаточно выражены, но причины их проявления не вполне понятны, поскольку сравнительных исследований соответствующих

комплексов до настоящего времени не проводилось: в разных регионах они изучались разными исследователями, и работы эти были разобщены.

Авторам настоящей статьи представилась возможность целенаправленно изучать на протяжении достаточно длительного времени ильменитсодержащие метаморфические сланцы докембрийских складчатых систем Российского Севера, охватывающих такие разные регионы как: Северный Таймыр, Полярный Урал, Средний Тиман и Кольский п-ов.

В пределах Таймырской складчатой области “ильменитовые” сланцы встречаются только в составе воскресенской свиты, расположенной в основании разреза среднерифейской харитоновской серии. Воскресенская свита представляет собой толщу ритмично переслаивающихся метапесчаников, метаалевролитов и метапелитов. Метаморфизм в полосе развития этой свиты является региональным, но характеризуется отчетливо выраженной зональностью с наблюдаемыми вариациями в диапазоне от хлорит-серицитовых зон зеленосланцевой фации до пироксенсодержащих и силлиманитовых гнейсов амфиболитовой фации [8, 14, 17]. В различных метаморфических зонах вышеперечисленные породы этой свиты представлены филлитами, кристаллическими сланцами (ставролит-силлиманит-гранатовыми), гранат-биотитовыми плагиогнейсами [13]. Внутреннее сложение толщи (ритмичное переслаивание) сохраняется и в условиях амфиболитовой фации. Встречаемые в этой свите аспидные сланцы преобразуются при высоком уровне метаморфизма в графит-силлиманит-кордиеритовые гнейсы. Ильменит кристаллизуется в филлитах и гранат-ставролитовых кристаллических сланцах, где его содержание может достигать 3–4%. Пластинчатые порфиروбласты этого минерала имеют обычно 2–10 мм в поперечнике при толщине 1.0–2.5 мм и, как правило, изобилуют пойкилитовыми включениями кварца и слюды. Вокруг пластинок ильменита нередко формируются “дворики вытяжения”, сложенные кварц-хлоритовым агрегатом (рис. 1а).

На Полярном Урале ильменит содержится в метапелитах париквасьшорской свиты (PR₁), в ее верхней части. Эти породы претерпели прогрессивный региональный метаморфизм, доходивший до уровня эпидот-амфиболитовой фации (ставролит-кианитовой субфации) и подверглись затем наложенному диафорезу сопровождаемому перекристаллизацией с укрупнением породообразующих минералов и интенсивным низкотемпературным минералообразованием. Это привело к тому, что в сланцах отмечается широкий комплекс как высоко-, так и низкотемпературных породообразующих минералов. Породы, содержащие ильменит, представлены гранат-хлорит-слюдистыми, амфибол-хлорит-мусковитовыми, гранат-амфибол-слюдистыми, гранат-ставролит-хлорит-слюдистыми, кианит-став-

ролит-слюдистыми кристаллическими сланцами. Они, как правило, ритмично переслаиваются с биотит-мусковитовыми и амфиболовыми плагиогнейсами, субстратом для которых послужили граувакки и аркозы, формирующие флишеподобную серию [5]. В толще париквасьшорской свиты в виде прослоев и пачек отмечаются также амфиболиты и кварциты. Самые крупные и многочисленные порфиробласты ильменита диаметром до 5 мм и толщиной до 0.3–0.4 мм присущи метапелитам, но встречаются также и в метапесчаниках, где образуют более редкие и мелкие пластинки, диаметром менее 1 мм. Мелкопластинчатый ильменит присутствует также в порфиробластах граната, ставролита или кианита, где он образует нередко гелицитовые структуры, подчеркивая реликтовую плейчатую текстуру сланцев (рис. 1б). Ильменит в этом регионе обнаруживает значительную примесь оксидов железа и по химическому составу отвечает ферриильмениту. Электронная микроскопия показала, что в нем широко развиты структуры распада, где матрикс представлен ильменитом, а ламеллы – гематитом [6].

На Кольском п-ове ильменит кристаллизуется в глиноземистых плагио-кианит-ставролитовых слюдистых и кианит-ставролит-серицитовых кристаллических сланцах, в составе червутской и выхчуртской свит верхнеархейского возраста, где его содержание составляет 2–5% (рис. 1в). Данные породы широко известны как высокоглиноземистые сланцы кейвской серии, описанные И.В. Бельковым [2]. В метатерригенной толще там развиты слои и пачки гранат-мусковитовых, двуслюдяных и углеродисто-кианитовых сланцев, а также многочисленные тела амфиболитов и кварцевые жилы. Ильменит образует тонкие пластинки диаметром до 5–8 мм при толщине до 0.3–0.5 мм. В минерале отмечаются пойкилитовые включения кварца и слюды. Нередко пластинки ильменита деформируются с образованием трещин отрыва (рис. 1г). Вдоль плоскостей пинакоидов, так же как в ильменитах Таймырских сланцев, систематически развиваются хлоритовые и кварцевые “дворики вытяжения”.

На Тимане метапелиты, содержащие ильменит, распространены весьма широко и находятся в составе нескольких свит рифейского возраста: паунской, бобровской, ярегской, румяничной, малочернорецкой, покьюской, а также в сланцах микулкинской и тархановской серий. Мы изучили ильменитсодержащие породы покьюской свиты, развитой вдоль западного склона Вымской гряды, представленные алевритовыми и глинисто-алевритовыми сланцами, ритмично переслаивающимися с кварцитопесчаниками. В сложении разреза участвуют и прослои черных сланцев. Породы регионально метаморфизованы в условиях хлорит-биотитовой субфации зеленосланцевой фации. Ильменитсодержащие сланцы сложены серицитом, хлоритом, мелко-

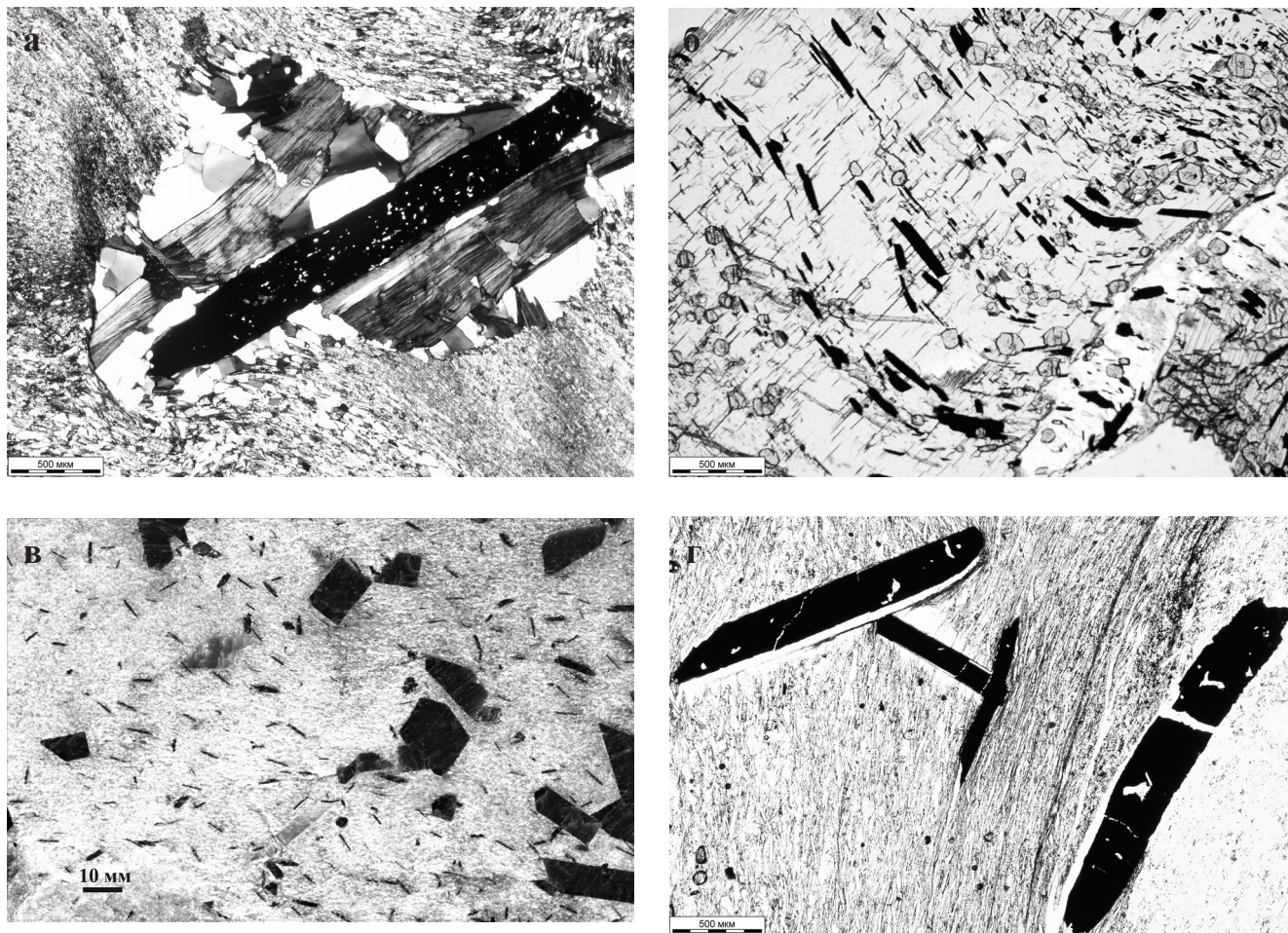


Рис. 1. Ильменитсодержащие сланцы складчатых регионов Севера России.

а – хлорит-кварцевые дворики вытяжения около ильменита (воскресенская свита, Таймырская складчатая область), б – ильменитсодержащие сланцы париквасьшорской свиты Полярного Урала, в – ильменитсодержащие кристаллические сланцы кейвского комплекса (Кольский п-ов), г – ильменит в сланцах кейвского комплекса (Кольский п-ов).

зернистым агрегатом кварца. Местами диагностируется биотит. Ильменит в них отличается от такового в вышеописанных проявлениях малыми размерами, но все же именно он создает микропорфиروبластовую структуру породы. В поперечном сечении его пластинки имеют в среднем 0.3–0.5 мм (редко до 0.8 мм) при толщине 0.01–0.05 мм. Минерал диагностируется на макроуровне только в черных сланцах в виде мелких темных пластинок с ярко выраженным полуметаллическим блеском. В других породах он выявляется только в шлифах. Практически весь ильменит сланцев покьюской свиты подвержен лейкоксенизации, вплоть до образования полных псевдоморфоз. В лейкоксенизированном ильмените резко возрастает количество пойкилитовых включений минералов вмещающей массы. Около минерала, как правило, образуются вытянутые согласно сланцеватости породы дворики вытяжения, сложенные мозаичным агрегатом кварца.

Таким образом, во всех четырех складчатых областях, породы с ильменитом кристаллизуются

в термодинамических условиях разных (но близких) зон регионального метаморфизма. Наиболее низкие параметры, практически пограничные для развития ильменита (который, как правило, начинает формироваться одновременно с появлением в зеленых сланцах биотита), демонстрируют парасланцы покьюской свиты Тимана. На Кольском п-ове и Полярном Урале “ильменистые” кристаллические сланцы кейвской серии и париквасьшорской свиты соответственно представлены продуктами регионального метаморфизма только эпидот-амфиболитовой фации. В то же время, на Таймыре содержащие ильменит сланцы воскресенской свиты представлены породами разных уровней метаморфизма, соответствующих как зеленосланцевой (биотитовая зона), так и эпидот-амфиболитовой фации. При нарастании уровня преобразований пород этой же свиты до амфиболитовой фации ильменит замещается рутилом и исчезает.

Практически во всех регионах, кроме Кольского п-ова, метапелиты с ильменитом участвуют в

сложении толщ с ритмичным флишеподобным переслаиванием. Самый древний (позднеархейский) возраст, имеют глиноземистые сланцы кейвской серии Кольского полуострова, все остальные соответствующие толщи оказываются рифейскими. Высокое содержание ильменита в сланцах предполагает специфику петро- и геохимического состава первичного субстрата и материнского источника исходного осадочного материала.

ПЕТРО- И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЛЬМЕНИТСОДЕРЖАЩИХ СЛАНЦЕВ

Петрохимические особенности метапелитов воскресенской свиты Таймырской складчатой системы и кейвской серии Кольского п-ова были впервые (на представительном материале) охарактеризованы В.К. Головенком [4]. Для Кольского п-ова характеристики по первичному осадочному субстрату кристаллических сланцев были уточнены А.А. Предовским [1]. Наши данные лишь подтверждают и дополняют сделанные ранее выводы, что исходные субстраты сланцев воскресенской свиты были представлены монтмориллонит-гидрослюдистыми и хлорит-гидрослюдистыми глинами, а кейвской серии – каолинитовыми с примесью гидрослюды и монтмориллонитовыми (рис. 2). На диаграмме НКМ–ФМ фигуративные точки петрогенных компонентов париквасьшорской свиты Полярного Урала занимают практически те же поля, что и воскресенской, соответствующие хлоритовым глинистым породам с примесью гидрослюдистого, хлорит-гидрослюдистого и хлорит-монтмориллонитового материала. Петрохимическое “родство” таймырских и полярноуральских сланцев подтверждают также высокое содержание в них суммы оксидов железа (соответственно 8.9% и 8.3%), MgO (4.1% в обеих свитах), MnO (0.12–0.24%), CaO (около 1.8%) и высокими значениями фемического модуля (соответственно 0.24–0.29). Фигуративные точки тиманских ильменитсодержащих метапелитов похъюской свиты сосредоточены в поле хлорит-монтмориллонит-гидрослюдистых глин. Петрохимические особенности тиманских и кольских ильменитсодержащих метапелитов схожи с вышеупомянутыми сланцами, но вместе с тем и отличны от них. В этих породах отмечается относительно повышенное содержание кремнезема, соответственно 63 и 60%, при пониженном количестве оксидов железа, магния, кальция, марганца. Следствием является низкий фемический модуль (ФМ = 0.06) (табл. 1).

Содержание TiO_2 (1.0% – 1.6%) во всех описываемых метапелитах, даже при средних значениях, выше кларка глинистых пород [18]. Оно также повышено в сравнении с архейскими и постархейскими сланцами Австралии, Северной Америки и Русской платформы, в которых содержания данно-

го компонента не достигают одного процента (0.6–0.8%) [16; 19]. В изучаемых породах вновь хорошо демонстрируется установленная ранее геохимическая связь алюминия и титана в гипергенном процессе [15]. В высокоглиноземистых ильменитсодержащих сланцах Кольского полуострова, отличающихся от описываемых пород других регионов высоким содержанием Al_2O_3 (в среднем 26.8%), отмечается и повышенное количество TiO_2 – 1.6%. По данным В.К. Головенка в изучаемых им ставролит-кианитовых сланцах кейвской серии содержание глинозема может увеличиваться до 44.37%, при этом резко возрастает и количество TiO_2 , достигая 2.2%. В тиманских сланцах также устанавливается прямая корреляция этих элементов, так как здесь обнаруживаются самые низкие их значения в сравнении с другими метапелитами: Al_2O_3 – 18.2%, TiO_2 – 1.0%. При исследовании на Тимане фанерозойских латеритных кор выветривания с образованием бокситов, выявлены те же тенденции синхронного накопления титана и алюминия [3]. Например, при изучении профиля выветривания на хлорит-серицитовых известковистых сланцах, установлено, что материнские породы содержат 19.56% Al_2O_3 и 0.78% TiO_2 , тогда как в верхней части латеритного разреза (в бокситах гематит-бемит-каолинитового состава) содержание данных элементов существенно возрастает, составляя соответственно 41.37% и 2.06%.

Большой и представительный материал по рифейским метапелитам Южного Урала, Камско-Бельского авлакогена, Учуро-Майского региона и Енисейского Кряжа также хорошо демонстрирует

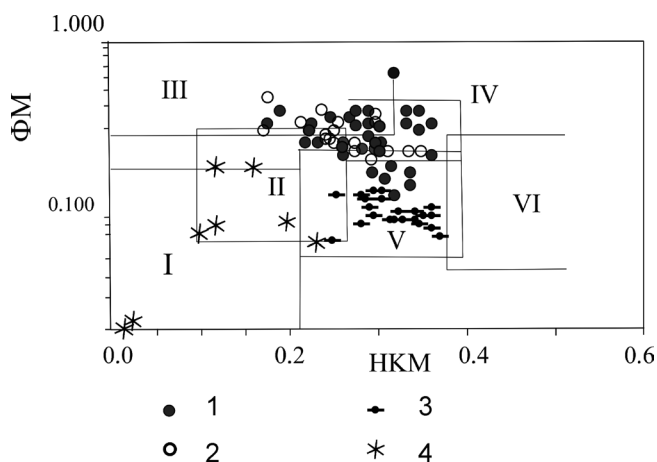


Рис. 2. Ильменитсодержащие метапелиты на диаграмме НКМ–ФМ [20].

1 – Полярный Урал, 2 – Таймыр, 3 – Тиман, 4 – Кольский. Поля глинистых пород: I – преимущественно каолинитовых, II – преимущественно монтмориллонитовых с примесью каолинита и гидрослюды, III – преимущественно хлоритовых с примесью гидрослюды, IV – хлорит-гидрослюдистых, V – хлорит-монтмориллонит-гидрослюдистых, VI – гидрослюдистых со значительным количеством дисперсных частиц полевых шпатов.

Таблица 1. Средние содержания петрохимических элементов (%) в ильменитосодержащих метapelитах систем Севера России и глинистых сланцев других регионов

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ГМ	ТМ	ФМ	НКМ	CIA
Париквасьшорская свита (Полярный Урал) n = 35	49.9	1.2	21.6	4.2	4.1	0.24	1.8	4.1	2.7	3.6	0.14	0.63	0.05	0.29	0.2	58
Воскресенская свита (Таймыр) n = 32	53.33	1.0	20.0	1.5	7.4	0.12	1.85	4.1	2.57	3.1	0.15	0.46	0.06	0.24	0.37	64
Кейвская серия (Кольский полуостров) n = 15	60.2	1.6	26.8	1.36	1.2	0.02	0.94	0.77	2.09	1.7	0.1	0.6	0.06	0.06	0.12	79
Покъюская свита (Тиман) n = 25	62.9	1.0	18.2	2.3	3.1	0.02	0.32	1.6	1.02	4.84	0.13	0.38	0.06	0.06	0.31	71
Постархейские глинистые сланцы Австралии [19]	65.4	0.8	18.8	6.2		0.08	0.3	2.1	0.63	4.0	0.16					
Глинистые сланцы Северной Америки [19]	60.0	0.66	14.9	3.6	3.1	0.01	1.78	2.33	1.56	3.2	0.16					
Архейские аргиллиты Австралии [19]	60.4	0.8	17.1	9.5		0.1	3.2	4.3	2.1	2.3	–					
Средний состав глинистых пород по Кларку [18]	58.1	0.65	15.4	4.02	2.45	–	3.11	2.44	1.3	3.24	0.17					

Примечание: ГМ = (TiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ + FeO + Mn)/SiO₂; ТМ = TiO₂/Al₂O₃; ФМ = (Fe₂O₃ + FeO + MnO + MgO)/SiO₂; НКМ = (Na₂O + K₂O)/Al₂O₃; CIA = (Al₂O₃/Al₂O₃ + CaO + Na₂O + K₂O) × 100.

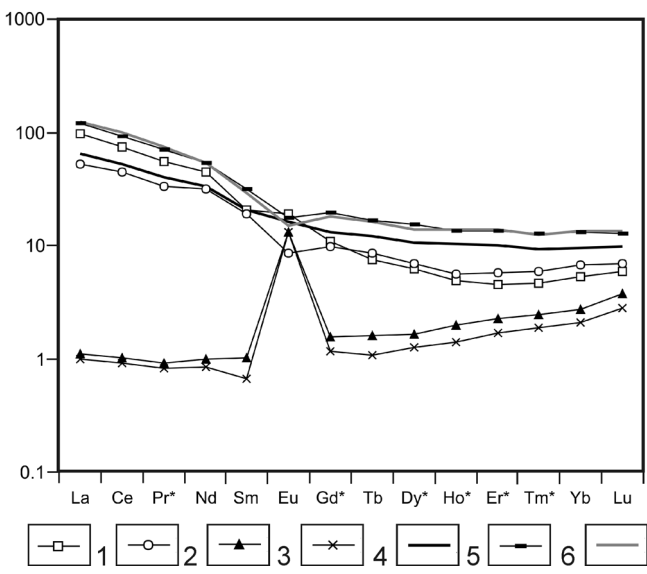


Рис. 3. Нормированные на хондрит спектры распределения РЗЭ в ильменитсодержащих метapelитах.

1 – сланцы кейвской серии (Кольский п-ов), 2 – покъю-ская свита (Средний Тиман), 3 – париквасьшорская свита (Полярный Урал), 4 – воскресенская свита (Таймыр), 5 – аргиллиты архея (Австралия), 6 – глинистые сланцы Русской платформы, 7 – постархейские глинистые сланцы (PAAS).

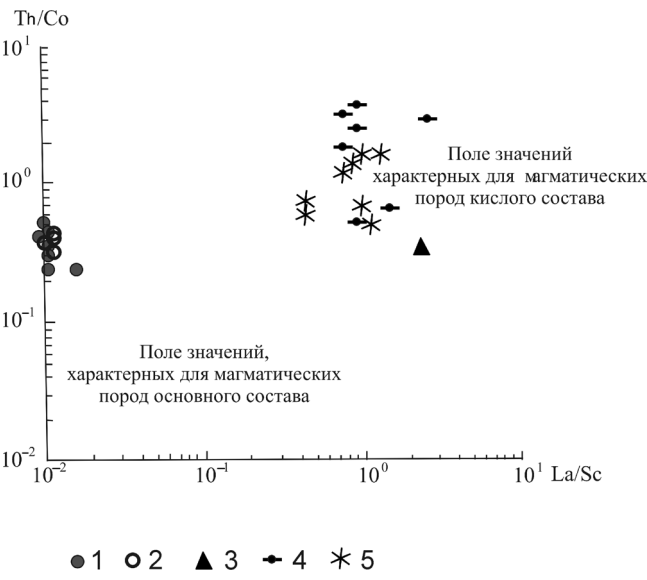


Рис. 4. Размещение фигуративных точек составов ильменитсодержащих метapelитов Таймырской складчатой области, Полярного Урала, Тимана и Кольского по-ва на диаграмме Th/Co–La/Sc [21].

1 – Полярный Урал, 2 – Таймыр, 3 – PAAS, 4 – Тиман, 5 – Кольский п-ов.

Таблица 2. Средние содержания элементов примесей (г/т) в ильменитсодержащих метапелитах складчатых систем Севера России

	Полярный Урал n = 7	Северный Таймыр n = 4	Кольский полуостров n = 8	Тиман n = 6	Постархейские глинистые сланцы Австралии (PAAS) [19]	Архейские аргиллиты Австралии [19]
Rb	105	155	65	105	143	60
Ba	673	600	548	675	577	575
Sr	174	218	167	174	73	180
Cr	120	103	65	68	130	205
Ni	190	125	12	52	34.8	100
Co	23	24	15.6	7	15.8	40
U	6	6	4	2	2.86	1.6
Cs	6	0.5	3.1	6	13.6	6
Th	8	8.5	8	8.6	13.6	6.3
Ta	0.76	0.8	1,3	1.56	нет данных	нет данных
Sc	23	24	32	23	18	20
La	0.46	0.31	30	16	38	20
Ce	1	0.73	60	36	80	42
Nd	0.74	0.47	26	19	32	20
Sm	0.27	0.15	4	3.7	5.6	4
Eu	0.86	0.95	1.3	0.63	1.1	1.2
Gd	0.51	0.3	2.7	2.2	4.7	3.4
Tb	0.1	0.05	0.34	0.39	0.77	0.57
Dy	0.68	1	1.8	2	4.4	3.4
Ho	0.18	0.1	0.35	0.39	1.0	0.74
Er	0.6	0.4	0.9	1.1	2.9	2.1
Tm	0.6	0.11	0.1	0.16	0.4	0.3
Yb	0.75	0.44	0.9	1.4	5.9	2.0
Lu	0.6	0.09	0.16	0.2	0.43	0.31
PЗЭ	7.35	5.1	128,5	83.17	173.2	119.92
La/Yb	0.6	0.7	33	11.4	6.4	10
Th/Co	0.34	0.35	0.5	1.15	0.8	0.15
Th/Sc	0.34	0.35	0.25	0.55	0.7	0.3
La/Co	0.02	0.01	1.9	2.2	2.6	0.5
La/Sc	0.02	0.01	0.9	0.7	2.3	1

Примечание. Элементы-примеси в породах париквасьшорской и воскресенской свит определены нейтронно-активационным методом в ГЕОХИ РАН; в породах Кольского полуострова и Тимана – методом ICP MS в ИГТ УрО РАН.

постоянную геохимическую связь Al_2O_3 и TiO_2 [13]. В этих регионах в литологически однотипных толщах, выделенных в виде свит или серий, при повышении содержания глинозема неизменно возрастают значения TiO_2 и наоборот.

Практически одинаковый титановый модуль (0.05–0.06) для титанистых метапелитов всех четырех описываемых регионов предполагает единый по вещественному составу источник сноса исходного осадочного материала. Однако, различные параметры ФМ, характер спектров распределения редкоземельных элементов, а также разные значения индексов химической дифференциации предположение опровергают.

Закономерности распределения трендов РЗЭ в ильменитсодержащих сланцах Полярного Урала и Таймырского региона практически идентичны, что в очередной раз подтверждает их петрохимическое родство, а возможно и подобие регионально-тектонической позиции [7]. Характер распределе-

ния РЗЭ указывает на накопление, как легких, так и тяжелых элементов с положительной европиевой аномалией (рис. 3), что не имеет ничего общего со спектрами постархейских глинистых сланцев PAAS и Русской платформы, образующихся за счет материала кислых пород, но существенно отличается и от архейских аргиллитов Австралии, в которых отмечается примесь продуктов кор выветривания по базитовому субстрату [19].

Распределение РЗЭ в породах Кольского и Тиманского регионов имеет некоторые общие особенности. Отмечается относительно высокое содержание легких РЗЭ, сочетающееся с тенденцией к накоплению тяжелых, но при невысоком в целом суммарном содержании этих элементов (табл. 2). Однако, в отличие от пород покьюской свиты, метапелиты кейвской серии имеют в спектре положительную европиевую аномалию. На дискриминационной диаграмме Th/Co–La/Sc ильменитсодержащих сланцев Таймыра и Полярного Урала сосредоточе-

ны в поле базитов, а Кольского по-ва и Тимана – тяготеют к области кислых пород (рис. 4). Значения индикаторных отношений в Полярноуральских и Таймырских сланцах (а именно, $La/Yb = 0.6-0.7$; $Th/Sc = 0.34-0.35$; $La/Co = 0.02-0.01$; $La/Th = 0.05-0.04$; $Ni/Co = 8.26-1.2$) также свидетельствуют об образовании их за счет базитовых источников. В изученных метапелитах Кольского полуострова и Тимана индикаторные отношения La/Yb , Th/Sc , La/Co , Ni/Co близки, напротив, к осадочным породам, образованным за счет гранитоидов. Но положительная **Eu-аномалия в спектре РЗЭ кристаллических сланцев кейвского комплекса**, как и низкие значения отношения La/Th (1.8) в тиманских сланцах, свидетельствуют о примеси базитовых составляющих в источнике сноса для этих пород.

Таким образом, титанистые метапелиты сформировались за счет преобразования переотложенных продуктов химического выветривания различных исходных пород – базитов (Таймырская складчатая область и Полярный Урал) и гранитоидов (Тиман и Кольский полуостров). Последние, однако, характеризовались также примесью магматитов основного состава. Эти “поставщики” исходного материала различались и степенью выветривания. Признаки более интенсивного химического выветривания присущи метапелитам Кольского п-ова и Тимана. Индексы химического выветривания (CIA) этих комплексов составляют, соответственно, 79 и 71. Для глинистых сланцев Полярного Урала и Таймыра, поставщиком осадочного материала которых были базальтоиды, CIA заметно ниже – 58 и 64, соответственно.

Подводя итог вышеизложенному, мы приходим к выводу, что причиной повышенного содержания титана в ильменитсодержащих метапелитах, является присутствие базитового материала в источнике сноса исходного осадочного вещества. Пелиты (и метапелиты), даже высокоглиноземистые, но сформированные без участия базитового первоисточника, по-видимому, не титаноносны. Что касается других особенностей исходного материала и собственно метапелитов (степень выветрелости исходного материала, уровень достигнутого метаморфизма и т. д.), то они могут сказываться на характере развивающихся в них минералов, включая титановые (степень железистости ильменита, интенсивность его лейкоксенизации, уровень насыщенности его пойкилитовыми включениями и т. д.), но это воздействие проявляется именно в особенностях, то есть во второстепенных факторах, не определяя главного – самого факта формирования в этих породах титановой минерализации или отсутствия таковой.

Работа выполнена в рамках программы ОНЗ РАН “Эволюция литосферы, металлогенические провинции, эпохи и рудные месторождения: от гене-

тических моделей к прогнозу минеральных ресурсов”, проект 09-Т-5-1020 “Метапелиты как источник формирования прибрежно-морских титановых россыпей и перспективы их открытия в России”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белолитовский А.Б., Ильин Ю.И., Предовский А.А. Первичная природа и эволюция состава метапелитов кейвского сланцевого комплекса // Первичная природа и геохимия метаморфических пород докембрия Кольского полуострова. Апатиты: ГИ КНЦ РАН, 1979. С. 3–15.
2. Бельков И.В. Кианитовые сланцы свиты кейв. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 319 с.
3. Беляев В.В., Яцкевич Б.А., Швецова И.В. Девонские бокситы Тимана. Сыктывкар: ГИ КомиНЦ УрО РАН, 1997. 196 с.
4. Головенко В.К. Высокоглиноземистые формации докембрия. Л.: Недра, 1977. 267 с.
5. Голубева И.И., Афонькин М.М. Петрогеохимические характеристики и условия формирования субстрата докембрийских парасланцев париквасьшорской свиты (Полярный Урал) // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2010. С. 45–58.
6. Голубева И.И., Афонькин М.М., Махлаев Л.В. Метаморфогенный ильменит в парасланцах харьбейского комплекса (Полярный Урал) // Минералогия Урала-2007. Миасс: ИМин УрО РАН, 2007. С. 156–160.
7. Голубева И.И., Махлаев Л.В., Афонькин М.М. Ильменитсодержащие метапелиты Полярного Урала и Таймыра и проблема продолжения североуральских структур // Докл. АН. 2007. Т. 412, № 4. С. 518–523.
8. Забияка А.И. Воскресенское регионально-метаморфическое поле – эталон рифейского метаморфического комплекса Таймыра. Красноярск: КНИИГиМС, 2000. 215 с.
9. Калужный В.А. Геология новых россыпеобразующих метаморфических формаций. М.: Наука, 1982. 263 с.
10. Коробова Н.И. Ильменитсодержащие сланцы Таймыра // Докл. АН СССР. 1965. Т. 162, № 1. С. 15–20.
11. Кочетков О.С. Акцессорные минералы в древних толщах Тимана и п-ова Канин. Л.: Наука, 1967. 119 с.
12. Мальшиев И.И. Закономерности образования и размещения месторождений титановых руд. М.: Госгеолиздат, 1957. 272 с.
13. Маслов А.В., Ножкин А.Д., Подковыров В.Н. и др. Геохимия тонкозернистых терригенных пород верхнего докембрия Северной Евразии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. 272 с.
14. Махлаев Л.В., Коробова Н.И. Генетические гранитоидные ряды докембрия Таймыра. Красноярск: Красноярское книжное изд-во, 1972. 157 с.
15. Мигдисов А.А. О соотношении титана и алюминия в осадочных породах // Геохимия. 1960. № 2. С. 149–163.
16. Мигдисов А.А., Балашов Ю.А., Шарков И.В. и др. Распространенность редкоземельных элементов в главных литологических типах пород осадочного чехла Русской платформы // Геохимия. 1994. № 6. С. 789–803.
17. Складчатые области и молодые платформы Восточной Европы и Азии. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.
18. Фролов В.Т. Литология. М.: МГУ, 1993. 429 с.

19. Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир. 1988. 383 с.
20. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 478 с.
21. Cullers R.L. The geochemistry of shales, siltstones, and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: Implications for provenance and metamorphic studies // *Lithos*. 2000. V. 51. P. 181–203.

Рецензент М.Т. Крупенин

The ilmenite-containing metapelites from folded systems of the north of Russia

I. I. Golubeva, L. V. Makhlaev

Institute of Geology, Komi Science Centre, Urals Branch of RAS

The petrochemical and geochemical peculiarities of ilmenite-containing slates from Pre-Cambrian folded belts of northern Russia (northern Taimyr, the Polar Urals, the Middle Timan, Kola peninsula) are described in this article. The petrochemical and geochemical characteristics of these rocks are coordinated to the nature of material sources. Authors believe that formation of the ilmenite in such slates is caused by the presence of basite material in sources of initial substance.

Key words: *ilmenite, metapelites, Pre-Cambrian, the sea-beach titanium placers.*