

УДК 550.84:553.411

В.В. Шульга, А.П. Кочнев

СТАДИЙНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ МИГМАТИТОВ ПРИОЛЬХОНЬЯ (ЗАПАДНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)

На основе анализа опубликованных данных и материалов детального геологического картирования описывается стадийность гранитизации и мигматизации пород ольхонской серии, которые рассматриваются как кульминационная стадия единого процесса внутрирегиональных ультраметаморфических преобразований, наложенных на региональный метаморфизм гранулитовой фации. В рамках ультраметаморфического этапа развития Приольхонья намечаются пять стадий мигматизации: начальная – рассеянная мигматизация (гнейсинизация), ранняя – средняя степень мигматизации (плагиомигматизация), поздняя (главная) – высокая степень мигматизации (микроклинизация и окварцевание), конечная – автохтонные массивы гнейсо-гранитов оргойтинского комплекса, заключительная – аллохтонные интрузии гранитов шаранурского комплекса.

Одной из главных особенностей глубокометаморфизованных пород Ольхонского кристаллического комплекса является значительная степень их мигматизации. По этому признаку различаются породы от слабой (до 30% лейкосомы) до высокой (более 70% лейкосомы) степени мигматизации, которой подвергаются разнообразные породы – амфиболовые, биотитовые, гранат-амфиболовые, гранат-биотитовые гнейсы и кристаллические сланцы.

Мигматиты в основном приурочены к гнейсовым толщам уланнурской и мухорской свит ольхонской серии. В этих породах мигматиты образуют многочисленные согласные тела незначительной мощности (артериты) и сплошные поля тeneвых мигматитов. Продуктами крайней степени мигматизации пород считаются гранито-гнейсы оргойтинского комплекса.

Мигматизированные породы и гранито-гнейсы образуют крупные изометричные ареалы или гранито-гнейсо-мигматитовые валы и купола, в которых границы между плутоническими и вмещающими породами проводятся условно по преобладанию материала гранитов над субстратом. Тела мигматитов и гнейсо-гранитов вытянуты параллельно простиранию слоистых толщ и содержат многочисленные включения в разной степени переработанного субстрата. Контакты их обычно постепенные согласные со сланцеватостью вмещающих пород. Следов кон-

тактового воздействия гнейсо-гранитов на вмещающие породы не наблюдается, так как их образование и метаморфизм происходили в близких РТ условиях.

Гранито-гнейсовые и мигматитовые купола Приольхонья и о. Ольхон, их строение и механизм формирования изучались В.С. Федоровским, Ю.Ф. Соколовой, Л.Н. Куклеем, Н.А. Божко и др.

Петрографическая характеристика гранито-гнейсов дана в работах Л.И. Салопы, Е.В. Павловского, А.С. Ескина, Л.Н. Куклея, З.И. Петровой, В.А. Макрыгиной и др. Физико-химические условия процесса гранитизации в Приольхонье рассмотрели Л.И. Демина и С.С. Матвеева. По составу они отличаются однообразием и отвечают биотитовому плагиограниту трондjemитового типа, что выявляется при сопоставлении химических анализов гранитоидов ольхонской серии со средним составом трондjemита и составами трондjemитов Южной Финляндии [10].

Большинство исследователей признает важную роль гранитизации для расшифровки истории геологического развития Приольхонья. Однако геологическая и геохронологическая позиция мигматитов и гнейсо-гранитов разными авторами рассматривается неоднозначно (табл. 1).

Так, Е.В.Павловский и А.С.Ескин [10], изучавшие геологию о-ва Ольхон, считают гнейсо-граниты и мигматиты продуктами регионального метаморфизма

Таблица 1

Основные схемы этапности метаморфизма и геологического развития Приольхонья

Этапы метаморфизма							
AR	PR ₁ ¹	PR ₁ ²	PR ₂ (R)	PZ ₁	PZ ₂	MZ	KZ
А.С.Ескин и др. (1979), А.Н.Иванов (1981)							
I (AR). Региональный гранулитовый метаморфизм пород ольхонской серии							
	II (PR ₁). Прогрессивный региональный амфиболитовый метаморфизм пород ангинской серии, диафторез и гранитизация пород ольхонской серии						
		III (PR ₂). Эпидот-амфиболитовый метаморфизм пород цаган-забинской серии, наложенный низко- и среднетемпературный амфиболитовый метаморфизм в породах ольхонской и ангинской серий					
			IV (PZ). Метасоматоз, тажеранские сиениты и аинские граниты и пегматиты, зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой метаморфизм в зонах нарушений				
Н.А.Божко, Л.И.Демина (1974), Л.Н.Куклей (1985)							
	I (PR ₁). Зональный региональный метаморфизм гранулитовой и амфиболитовой фаций						
	II (PR ₁). Ультраметаморфизм и гранитизация						
З.И.Петрова, В.И.Левицкий (1984)							
	I (PR ₁). Зональный региональный метаморфизм гранулитовой и амфиболитовой фаций						
	II (PR ₁). Ультраметаморфизм (прогрессивный - на ранних стадиях без привноса, на поздних – с привносом гранитного материала)						
		III (PR ₂ -PZ). Постмагматический метасоматоз (регрессивный).					
В.С.Федоровский и др. (1995)							
				I (PZ ₁). Региональный гранулитовый метаморфизм			
					II (PZ ₁). Ультраметаморфизм (гранито-гнейсы).		
А.П.Кочнев и др. (2001)							
I (AR) Седиментационный этап. Вулканогенно-терриген-ные породы.							
	II (PR ₁ ¹). Главный метаморфический этап. Кристаллосланцы гранулитовой фации, базиты и ультрабазиты чернорудского комплекса						
	III (PR ₁ ²). Наложенный ультраметаморфический этап. Мигматиты, автохтон-ные гранито-гнейсы и граниты, аллохтонные граниты шаранурского комплекса						
		IV (R-PZ ₁). Этап тектономагматической активизации. Граниты и сиени-ты тажеранского и аинского комплексов					
					V (PZ ₂ -KZ) Неотектонический этап. Заложение и фор-мирование Байкальской рифтовой зоны		

позднеархейского возраста в условиях высокотемпературных ступеней амфиболитовой и гранулитовой фаций.

А.С. Ескин и др. [2,3] связывают их образование с раннепротерозойским этапом тектоно-метаморфического развития Приольхонья, когда происходили высокотемпературный прогрессивный метаморфизм пород ангинской серии и региональный диафторез и гранитизация пород ольхонской серии в условиях амфиболитовой фации. В результате образовались обширные поля мигматитов и гранито-гнейсов,

среди которых местами одновременно формировались анатектические гранитоиды шаранурского комплекса. Н.А. Божко и Л.И. Демина [1], С.С. Матвеева [7], а позднее З.И. Петрова и В.И. Левицкий [11], Л.Н. Куклей [6] и А.П. Кочнев и др. [4] считают их продуктами раннепротерозойского ультраметаморфизма и гранитизации, наложенных на региональный метаморфизм ольхонской серий.

При этом Л.Н.Куклей [6] выделил несколько структур и массивов гранитоидов, связанных с этапом гранитизации (рис.1):

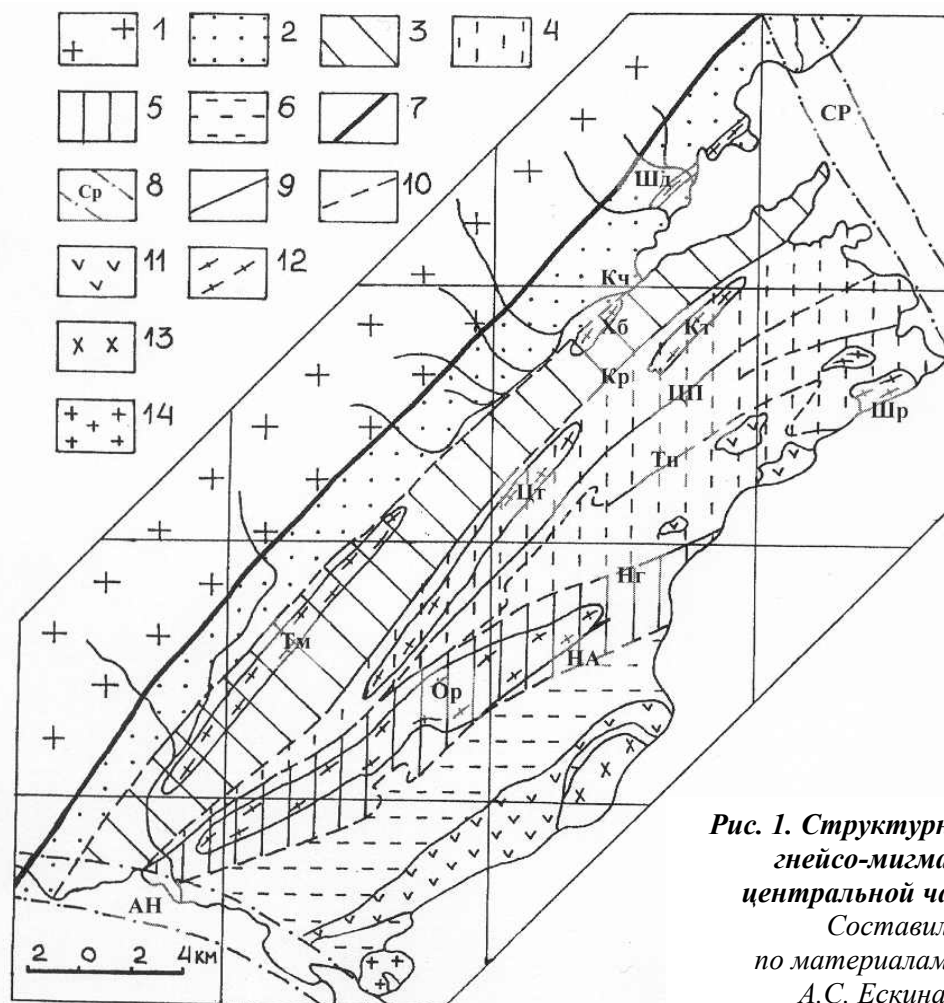


Рис. 1. Структурная позиция гранито-гнейсо-мигматитовых полей центральной части Приольхонья.

Составил А.П. Кочнев

по материалам Е.В. Павловского,
А.С. Ескина и Л.Н. Кукляя:

1 – раннепротерозойские образования сарминской серии и граниты приморского комплекса; 2-6 – субрегиональные зоны смятия II порядка: Чернорудская (2), Томотская (3), Сахюртинская (4), Оргойтинская (5), Ангинская (6); 7 – Приморский региональный глубинный разлом; 8 – поперечные неотектонические субрегиональные разломы (СР – Сарминский, АН – Ангинский); 9-10 – продольные локальные и субрегиональные долгоживущие разломы, выполненные пегматитами (9) и неминерализованные (10): Кч – Кучелгинский, Кр – Куркутский, ЦП – Центрально-Приольхонский, Тн – Танхайский, Нг – Нутгейский, НА – Нижне-Ангинский; 11 – крупные тела базитов и ультрабазитов; 12 – гранито-гнейсо-мигматитовые валы, купола и зоны (Шд – Шидинский, Хб – Холбинский, Тм – Томотский, Кт – Куркутский, Цт – Центральный, Шр – Шаранурский, Ор – Оргойтинский); 13 – Тажеранский массив сиенитов; 14 – Аинский массив амазонитовых гранитов

Шаранурский (Шр) купол, Тутайский (Т), Оргойтинский (Ор), Куркутский (Кт), Томотский (Тм), Холбинский (Х), Южно-Ольхонский (ЮО) и Нурский (Н) валы, Шидинский (Шд) и Ташкайский (Тш) пояса гранитизации. На о. Ольхон А.П. Кочнев по геологической карте Е.В. Павловского и А.С. Ескина (1964) дополнительно выделил Хоргойский, Хадайский, Центрально-Ольхонский и Уханский мигматито-гнейсовые массивы.

По данным В.С. Федоровского и др. [12] мигматиты и гнейсо-граниты также связаны с этапом ультраметаморфизма,

наложенного на региональный метаморфизм гранулитовой фации. Однако возраст всех метаморфических преобразований в Приольхонье эти авторы считают раннепалеозойским: регионального гранулитового метаморфизма – 485 млн. лет, а ультраметаморфизма с образованием гранито-гнейсовых куполов – 465 ± 70 млн. лет.

Также неоднозначно решается вопрос о стадийности процесса гранитизации и мигматизации. В большинстве схем метаморфизма ольхонской серии такие стадии вообще не выделяются или только намечаются без детальной характеристики про-

цессов петрогенезиса на разных стадиях.

Так, по данным А.С. Ескина и др. [3] в рамках этапа диафтореза и гранитизации пород ольхонской серии намечается три стадии (табл. 2): предмigmatитовая стадия (формирование сланцев и гнейсов), стадия мigmatизации и стадия формирования ультраметаморфических гранитоидов.

По материалам З.И.Петровой и В.И.Левицкого [11] этап ультраметаморфизма разделяется на две стадии: раннюю – без привноса вещества, и позднюю – с привносом гранитного материала.

В.А.Макрыгина и З.И.Петрова [9], изучавшие геохимию метаморфических пород, мigmatитов и гранитоидов Чернорудской зоны, показали их геохимическую неоднородность. По их данным процесс гранитизации в ольхонской толще протекал по схеме: исходные породы (сланцы, гнейсы) – плагиомigmatиты – калишпатовые мigmatиты – гранитоиды, т.е. намечается четыре стадии этого процесса. Процесс осуществлялся на фоне интенсивных тектонических движений, в результате все продукты гранитизации несут отчетливые следы катаклаза. В Приольхонье преобладают продукты стадии плагиомigmatизации, приводящей в итоге к образованию плагиогранитов.

Более детально стадийность процесса гранитизации в ряде регионов России рассмотрена А.В. Миловским и С.С. Матвеевой [8]. Ими выделено шесть стадий гранитизации:

1) Стадия прекристаллизации пород, в результате которой образуются гнейсы и другие породы амфиболитовой фации метаморфизма. По существу эта стадия предшествует гранитизации и относится к метаморфическим явлениям.

2) Стадия бластеза, метасоматического преобразования пород с привносом и выносом элементов. Возможно образование метасоматических гранитов.

3) Стадия частичного анатексиса вмещающих пород с образованием типичных полосчатых мigmatитов.

4) Стадия полного анатексиса с образованием гранитных расплавов, из которых кристаллизуются анатектические граниты (автохтонные или параавтохтонные),

сопровождающиеся тeneвыми мigmatитами.

5) Стадия палингенеза – полной гомогенизации расплавов.

6) Стадия внедрения палингенной гранитной магмы в породы кровли, благодаря чему кристаллизуются интрузивные граниты и сопровождающие их пегматиты.

Нами изучены петрография и геохимия мigmatитов Приольхонья [13], их отражение в геофизических полях [14], детально закартированы и расчленены по степени мigmatизации Холбинский массив [13] и Шидинская зона мigmatитов [15]. Гранитизация и мigmatизация пород ольхонской серии рассматривается нами как кульминационная стадия единого процесса внутрирегиональных ультраметаморфических преобразований, наложенных на региональный метаморфизм гранулитовой фации. Внутри гранито-гнейсо-мigmatитовых полей и вблизи их полностью сохраняется складчатая структура, что указывает на их позднескладчатое образование.

Обобщение полученных данных с учетом материалов предшественников (А.С. Ескин, З.И. Петрова, В.А.Макрыгина и др.) и общей стадийности процесса гранитизации (А.В. Миловский, С.С. Матвеева) позволяет предложить свою схему стадийности формирования мigmatизированных пород Приольхонья (табл. 2).

В рамках ультраметаморфического этапа развития Приольхонья, когда формировались гранито-гнейсо-мigmatитовые массивы, намечаются следующие стадии мigmatизации и гранитизации:

1. Начальная стадия рассеянной мigmatизации (гнейсинизации). Характеризуется частичным расплавлением легкоплавких минералов (в основном плагиоклаза) нижних горизонтов ольхонской серии под действием поступающего из мантии теплового потока с образованием плагиоклазовой **мигмы** – смеси межзернового расплава с зернами нерасплавленных минералов. В результате образуются гнейсы и слабо мigmatизированные породы в основном полосчатой текстуры (артериты и строма титы). Она охватывает практически всю толщу, создавая фоновую метаморфическую полосчатость в вулканогенных по-

Таблица 2

Корреляции стадийности формирования мигматизированных пород Приольхонья

Авторы	Стадии	Породы
А.С. Ескин и др. (1979)	1	Сланцы, гнейсы
	2	Плагноклазовые и калишпатовые мигматиты
	3	Ультраметаморфические гранито-гнейсы и граниты
З.И.Петрова, В.И.Левицкий (1984)	1.Ранняя стадия - без привноса	
	2.Поздняя стадия – с привносом гранитного материала	
А.В. Миловский (1985)	1. Перекристаллизация	Гнейсы и другие породы амфиболитовой фации
	2. Бластез, метасоматоз	Метасоматические граниты до 10-15%
	3. Локальное плавление - метатексис (мобилизат + рестит)	Мигматиты и анатектические граниты (60-80%) параавтохтонные или автохтонные
	4. Полное плавление – диатексис	
	5. Полная гомогенизация расплава - палингенез	Палингенные граниты аллохтонные
	6. Внедрение палингенной гранитной магмы	
В.А. Макрыгина (1996)	1	Сланцы, гнейсы
	2	Плагномигматиты
	3	Калишпатовые мигматиты
	4	Гранитоиды
Предлагаемая схема	1. Начальная - частичное расплавление, образование плагноклазовой мигмы, слабая степень мигматизации - гнейсинизация пород	
	2. Ранняя - обогащение мигмы кремнеземом, средняя степень мигматизации пород	
	3. Поздняя - максимальный тепловой поток, привнос калия и кремнезема, высокая степень мигматизации	
	4. Конечная – анатексис	Автохтонные гранито-гнейсы
	5. Заключительная – анатексис и палингенез	Аллохтонные граниты шаранурского комплекса

родах и гнейсовую текстуру в терригенных породах.

2. Ранняя стадия - обогащение мигмы кремнеземом за счет вовлечения в процесс расплавления кварца и других минералов в связи с повышением интенсивности теплового потока. Заложение наложенных антиформных термоантиклиналей над путями миграции теплового потока. Перемещение мигмы в вышележащие толщи по ослабленным зонам преимущественно вдоль осевых поверхностей антиформ. Вторая стадия мигматизации - инжектирование мигмы по слоистости и латентной трещи-

новатости с образованием пород средней и повышенной степени мигматизации более сложной текстуры (пигматитов, стиктолитов, агматитов). В результате образуются зоны мигматизированных пород типа Шидинской.

3. Поздняя стадия - формирование наложенных термальных антиформ с локализацией в них максимального теплового потока. Главная стадия мигматизации – инжектирование и частичное замещение минералов вмещающих пород под действием обогащенной кремнием и щелочами мигмы – образование сильно мигматизи-

рованных пород с реликтами немигматизированных пород сложной текстуры (небулитов, теневых мигматитов), а в центральных частях – гранито-гнейсов. В результате формируются гранито-гнейсо-мигматитовые массивы типа Оргойтинского и Холбинского массивов.

4. Конечная стадия - в зонах дополнительного поступления теплового потока возможно полное расплавление пород с образованием магмы, в результате кристаллизации которой в областях со спокойной тектонической обстановкой формируются анатектические гранитоиды - автохтонные массивы гнейсо-гранитов оргойтинского комплекса. Они картируются в центральных частях гранито-гнейсо-мигматитовых массивов в пределах Тажеранского блока Приольхонья.

5. Заключительная стадия - в тектонически активных областях возможно перемещение палингенной магмы в вышележащие толщи с образованием аллохтонных интрузий гранитов шаранурского комплекса. Они картируются в северо-восточной части региона – в пределах Ольхонского блока на острове Ольхон.

На современном эрозионном срезе ольхонской серии обнажаются области мигматизации, развитие которых в зависимости от тектонической обстановки могло остановиться на разной стадии. В связи с этим картируются как участки рассеянной мигматизации и гнейсово-мигматитовые зоны, так и гранито-гнейсо-мигматитовые массивы, автохтонные гнейсо-граниты и интрузии аллохтонных гранитов.

Анализ приведенных материалов показывает, что предложенная нами схема стадийности процесса формирования мигматитов достаточно хорошо коррелируется со схемами стадийности процессов гранитизации по А.В. Миловскому и др. Она может быть использована при изучении мигматизированных и гранитизированных пород Приольхонья и других регионов распространения глубоко метаморфизованных докембрийских комплексов.

Библиографический список

1. Божко Н.А., Демина Л.И. О геологии и условиях метаморфизма древних толщ центральной части Западного Прибайкалья // Изв. ВУЗов. Геология и разв. – 1974. – №12. – С.106-119.
2. Ескин А.С., Эз В.В., Смульская А.И., Морозов Ю.А. Основные этапы развития Байкальского метаморфического комплекса // Магм. и метаморф. комплексы В.Сибир. – Иркутск, 1974. – С.152-154.
3. Ескин А.С. и др. Корреляция эндогенных процессов в метаморфических комплексах докембрия Прибайкалья. – Новосибирск: Наука, 1979. – 118с.
4. Кочнев А.П., Гончар Г.А., Фокина Н.С., Хабибуллин А., Медведева А.В. Деформационные шкалы опорных участков ольхонского комплекса Западного Прибайкалья // Геофизика на пороге третьего тысячелетия. Труды второй Байкальской молодежной школы-семинара. – Иркутск: ИрГТУ, 2001. – С.95-105.
5. Кочнев А.П., Н.Б.Санина, Л.А.Филиппова, В.В.Шульга Геолого-геохимические особенности Холбинского мигматито-гнейсового массива (Приольхонье, Западное Прибайкалье) // Известия Сиб. отдел. Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых. Вып. 2(28). – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005. – С. 100-111.
6. Куклей Л.Н. Докембрий Западного Прибайкалья. – М., 1985. – 189 с.
7. Матвеева С.С. Закономерности изменения состава пироксенов и гранатов в процессе гранитизации пород // Геол. метаморф. комплексов. – Свердловск, 1979. – Вып.11. – С.73-83.
8. Миловский А.В., Матвеева С.С., Леоненко Е.И. Гранитизация горных пород // М.: Изд-во Московского университета, 1985. – 213 с.
9. Макрыгина В.А., Петрова З.И. Геохимия мигматитов и гранитоидов Приольхонья и о-ва Ольхон (Западное Прибайкалье) // Геохимия. – 1996. – №7. – С. 637-649.
10. Павловский Е.В. Ескин А.С. Особенности состава и структуры архея При-

байкаля //Тр. ГИН АН СССР. – М., 1964. – Вып.110. – 126 с.

11. Петрова З.И., Левицкий В.И. Петрология и геохимия гранулитовых комплексов Прибайкалья. - Новосибирск: Наука, 1984. – 201 с.

12. Федоровский В.С. Купольный тектогенез в коллизионной системе каледонид Западного Прибайкалья // Геотектоника. – 1997. – №6. - С.56-71.

13. Шульга В.В., Кочнев А.П. Степень мигматизации пород ольхонской серии и ее отражение в физических полях (Приольхонье, Чернорудский полигон) //Материалы XXI Всероссийской молодежной конференции «Строение литосферы и геодинамика». – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2005. – С.73-75.

15. Шульга В.В. Шидинская зона мигматизации //Вестник ИрГТУ. – 2006. – №2(26). – С.19-20.

Иркутский государственный технический университет
Рецензент А.С.Мехоношин