



2. Казакевич Ю.П., Шер С.Д., Жаднова Т.П. и др. Ленский золотоносный район // Труды ЦНИГРИ. – М.: Недра, 1971. – Т. 1, вып. 85. – 164 с.
3. Шорохов С.М. Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений. – М.: Недра, 1973. – 763 с.
4. Лешков В. Г. Разработка россыпных месторождений. – М.: Недра, 1976. – 461 с.
5. Асламазов Л.Г., Варламов А.А. Удивительная физика. – М.: Наука, 1987. – 160 с.
6. Ландау Л.Д., Китайгородской А.И. Физические тела. – М.: Наука, 1982. – 203 с.
7. Большая Советская Энциклопедия. Т. 13, изд-е 3-е. – М.: Сов. энциклопедия, 1971. – С. 520.
8. Большая Советская Энциклопедия. Т. 4, изд-е 3-е. – М.: Сов. энциклопедия, 1973. – 1973. – С. 194.
9. Гернет М.М. Курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1973. – 464 с.
10. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1977. – 360с.

Р.Н.Иванова

Тектонофации катазоны Приольхонья

Приоритет в применении термина «фация», «субфация» в тектонике принадлежит французским геологам Аро, Матоз [10]. Этими исследователями было предложено понятие «тектоническая субфация». В их работе рассмотрен ряд структур в функции возрастания температуры и давления, проанализирована связь ассоциаций микроструктур и механики горных пород.

Дальнейшее развитие их идеи получили в работах исследователей Казахского геологического института [5, 6]. В основу учения о тектонофациях ими положен формационный подход в морфологической тектонике как сравнительный структурно-парагенетический анализ внутреннего строения складчатых сооружений.

Тектонофациальный анализ – это структурно-парагенетический анализ на количественной кинематической основе с учетом термодинамических условий дислокационного процесса и типа складчатости. Такой подход обеспечил усовершенствование методики обычного структурно-парагенетического анализа за счет рассмотрения конкретных парагенезисов в связи с обстановкой их формирования. Парагенетический структурный анализ выступает в данном случае не только как функция степени деформированности, но и как отражение физико-химических условий, в которых протекала деформация породы [3].

При разработке методики тектонофациального анализа в качестве одного из базовых выдвинуто предположение о наличии в земной коре зон с различными термодинамическими параметрами. В вертикальном разрезе нешарьированной земной коры выделены три зоны с характерными структурными парагенезисами, последовательно сменяющие друг друга сверху вниз: эпизона, мезозона и катазона [5, 6]. Термодинамические условия, присущие каждой из выделенных зон, определяют реологическое состояние вещества и условия деформации пород. В генерализованном виде в земной коре Е.И.Паталаха выделяет три типа складчатости:

- эпизональная – гидропластического течения;
- мезозональная – кливажного течения;

▪ катазональная – кристаллизационно-сланцеватого течения.

Методика тектонофациального анализа была разработана на примере изучения складчатых областей фанерозоя Казахстана. Незначительный уровень метаморфизма (фация зеленых сланцев), одноплановость дислокационного процесса фанерозойских складчатых комплексов Казахстана позволили выделить ряды структурных парагенезисов, отвечающих крупным и мелким структурным доменам. Этим подразделениям было присвоено наименование «тектоноформация» и «тектонофация» [5]. Тектоноформации используются для региональных исследований, при более детальных работах производится выделение тектонофаций.

Тектонофации – это естественные ряды пород по степени деформированности с присущими им структурными парагенезисами. Под структурным парагенезисом подразумевается устойчивая, постоянно реализующаяся в природе совокупность структурных форм и элементов, в первом приближении одновозрастных или сближенных во времени, отражающих единую дислокационную обстановку [5, 8]. В результате проведения тектонофациального анализа определяется степень деформированности пород в тектонофациях, которые выделяются на основе изучения широкого спектра диагностических признаков. Для мезозоны была разработана 10-балльная шкала тектонофаций.

Катазона соответствует области амфиболитовой, гранулитовой фаций метаморфизма и ультраметаморфизма [4, 5, 6, 8, 9]. В работах В.В. Эза, В.С. Милеева, А.И. Лукиенко, Е.И. Паталаха, М.Е. Паталаха, В.С. Заика-Новацкого, А.В. Лукьянова, Ю.В. Миллера, В.Г. Талицкого, М.В. Минц и других исследователей отмечается небольшой набор структурных форм катазонных парагенезисов. Структурная анизотропия метаморфических пород имеет максимальное значение в зеленосланцевой фации, понижаясь в амфиболовой и гранулитовой фациях. Такая ситуация вызвана высокой степенью деформированности толщ, в результате ко-



торой формируется вторичная, кажущаяся простота структур [8, 9].

На сегодняшний день наиболее отчетливо распознаваемыми в полиметаморфических комплексах являются три группы структур. Первая – это покровные комплексы (древние коллизионные швы), представленные региональными надвигами и покровами, крупными и мелкими складко-надвиговыми структурами. Вторая группа структур – это гранито-гнейсовые купола. Структуры данной группы фиксируются во всех районах, где развиты полициклические комплексы. Третья группа представлена также повсеместно распространенной в комплексах катазоны шовной изоклинальной складчатостью или зонами линейаризации, которые часто описываются в литературе терминами «псевдомоноклиналь» или «шовная зона».

В работах по изучению структур катазоны с позиции тектонофацеального анализа Е.И.Паталаха и вслед за ним рядом других геологов выделены два типа складчатости: $K_{гг}$ - глубинно гравитационный и $K_{ш}$ - шовный кристаллизационный [5, 6]. Покровный комплекс не выделялся, по всей видимости, по причине того, что положенная в основу тектонофацеального анализа генерализованная схема природных деформаций не делает акцента на возможную тектоническую расслоенность земной коры. Но в работах авторов подчеркивается, что методика тектонофацеального анализа вполне применима в таких случаях и шарьирование способно лишь усложнить, но не упразднить схему [5]. При изучении докембрийских блоков или участков полициклических складчатых комплексов считается целесообразным создание частных (региональных) тектонофацеальных шкал, которые бы обеспечили изучение объекта и в дальнейшем стали основой общей шкалы тектонофацаций катазоны.

Анализ первичной геологической документации, полученной в процессе картирования опорных профилей и участков в Приольхонье, а также ряда участков на территории Юго-Западного Прибайкалья позволили разработать такую шкалу тектонофацаций катазоны. При ее составлении были учтены также данные по составу и особенностям структурных парагенезисов катазонных комплексов, взятые из литературных источников. Это материалы по геологии Балтийского, Украинского щитов, Горного Алтая, Тянь-Шаня, Прибайкалья, Приколымского поднятия, Средиземноморского складчатого пояса и других районов.

В предложенной региональной шкале тектонофацаций катазоны Приольхонья (таблица) предусмотрены тектонофацеальные подразделения, отражающие основные группы структур катазоны. В ней пока не учтен комплекс структур метаморфических ядер кордильерского типа. Эти структуры достаточно детально изучены Е.В. Складчиковым с соавторами в Забайкалье. На территории Прибайкалья выделение самих этих структур, отдельных их элементов (детachment и др.), опреде-

ление уровня эрозионного среза и ряд других вопросов находится в стадии исследования.

Весь структурный комплекс катазоны Приольхонья объединен в тектоноформацию D (см. таблицу). Тектоноформация D разделена на две тектонофации: XI и XII. Для более точного отражения степени деформированности катазонных комплексов кроме тектонофацаций предусмотрено выделение вспомогательного подразделения – тектоносубфации. Шкала содержит общую характеристику условий деформационных процессов катазоны и описание парагенезисов тектонофацаций и тектоносубфацаций.

Большая часть диагностических признаков является унаследованной от мезозональных тектонофацаций Е.И. Паталаха [5], так как шкала тектонофацаций катазоны является логическим продолжением шкалы мезозоны. В группе мезопризнаков в дополнение к углу наклона слоистости на крыльях складок к плоскости bc δ° нами предложено выделять угол наклона осевой поверхности складок к горизонту (β). Также в эту группу в качестве самостоятельного диагностического признака включены транспрессионные структуры типа «пальмового дерева», тектонический меланж (см. таблицу). Данные структуры фиксируются на территории Приольхонья в зонах синметаморфического вязкого сдвига [7].

Первое место в тектоноформации D занимает покровный комплекс тектонофации XI, включающий реликты покровных складок, вязкие субгоризонтальные разрывы типа надвигов и сопутствующие им средние и мелкие структурные формы (складки волочения с субгоризонтальными шарнирами, будинаж). Комплекс этой тектонофации фрагментарно картируется в Приольхонье, региональная структура которого рассматривается как тектонически неоднородная с присутствием, по крайней мере, 3-4 покровных пластин, разделенных шовными зонами [1, 2, 7].

Структурный парагенезис покровного комплекса XI в шкале тектонофацаций (см. таблицу) предшествуют тектоносубфации XII_к. Такое его положение обосновано тем, что образование гранито-гнейсовых куполов по времени следует за формированием парагенезиса коллизии – покровов, региональных надвигов, шарьяжей [7, 8]. Высокая степень деформированности пород тектонофации XI обусловлена проявлением интенсивного динамометаморфизма в условиях катазонного вязкого течения в горизонтальной или субгоризонтальной плоскости.

Тектонофация XII подразделена на две тектоносубфации: купольную и шовную (см. таблицу). Гранито-гнейсовые купола и складки деформированного околокупольного пространства составляют тектоносубфацию XII_к. В случае Приольхонья купольные структуры проявлены чаще всего в виде деформированных вытянутых в плане овалов, валообразных структур. Ядра куполов сложены мигматитами, гнейсами, гранито-гнейсами, гнейсо-гранитами.



Региональная шкала тектонофаций катазоны Приольхонья

Характерные Признаки		Тектоноформация		
		D		
		Тектонофации		
		XI	XII	
		Тектоносубфации		
		XII _к		XII _ш
Характеристика условий деформационных процессов	Метаморфизм пород	Эпидот-амфиболитовый, амфиболитовый, гранулитовый, эклогитовый, ультраметаморфизм		
	Структурный Парагенезис	Покровные структуры	Купола и структуры, связанные с образованием куполов	Шовные структуры
	Генетические типы Складчатости	Течения в субгоризонтальной плоскости	Глубинно-гравитационная (купольная)	Течения в субвертикальной плоскости
	Руководящий структурный элемент	Кристаллизационная сланцеватость (нередко перекрестных планов)		
	Общий облик Складчатости	Многоплановый, хаотический; оси складок сложны по своей конфигурации, их ориентировка изменчива в плане и в разрезе		Линейная складчатость, псевдомоноклинали
Мегапризнаки	Типы складок	Опрокинутые или лежачие асимметричные, часто изоклинные складки, с субгоризонтальными шарнирами и осевыми поверхностями	Прямые и асимметричные открытые антиформы и синформы, (гранито-гнейсовые купола, вали); сложные складки деформированного околокупольного пространства	Сдвиговые, асимметричные, с субвертикальными осевыми поверхностями и шарнирами
	Тип разломов	Вязкие; зоны течения, лишённые швов Субгоризонтальные и горизонтальные Субвертикальные; часто заполненные ультраметаморфическими магматитами		
Мезопризнаки	Угол наклона слоистости на крыльях складок к плоскости <i>вс</i> (δ°)	В случае асимметричных складок: для нормального крыла $< 90^\circ$, для опрокинутого $> 90^\circ$		Образование комплексов наложенной складчатости, вплоть до полной утраты первичных структурных форм.
	Угол наклона осевой поверхности складок к горизонту (β)	$> 90^\circ$		
	Линейность	Метаморфическая, новообразованная, совершенная – ярко выраженная в качестве анизотропии		
	Будинаж, Птигматиты	Интенсивно развитые; будинированию подвергаются не только отдельные слои, но и крупные тела, превращённые в мегабудины		Исчезновение будин, птигматитов в результате линейаризации
	Структуры «сверхдавлений»	Тектонический (мраморный) меланж; структуры выжимания, типа «пальмового дерева»		
Микро-признаки	Текстуры и структуры пород в шлифах	Текстуры вторичные: сланцеватые, кристаллизационно-сланцеватые, линзовидно-полосчатые, прожилково-полосчатые, полосчатые (мigmatитовая полосчатость, гнейсовидность, очковые гнейсы), милонитовые; Структуры вторичные, бластические (нематогранобластовые, гранобластовые, гетерогранобластовые, лепидобластовые, лепидогранобластовые).		



Для тектонофации XI и тектоносубфации XII_к характерно развитие интерференционной складчатости очень сложного облика, как в плане, так и в разрезе. Межкуповые интенсивно деформированные линейные зоны составляют парагенезис тектоносубфации XII_ш. В Приольхонье эта тектоносубфация представлена линейными зонами деформации между гранито-гнейсовыми куполами (см. таблицу). В пределах зон тектоносубфации XII_ш наблюдаются blastomylonitовые швы с новообразованной минеральной линейностью, структуры вязкого сдвигового течения вещества, вязкие синметаморфические разломы, часто заполненные метасоматическим гранитным материалом.

Объединение парагенезисов купольных структур (тектоносубфация XII_к) и межкуповых деформированных зон (тектоносубфация XII_ш) в единую тектонофацию XII обусловлено их одновременным формированием. По данным Ф.А. Летникова [4] процесс образования гранито-гнейсового купола сопровождается выделением тепла, разуплотнением вещества. В то же время в околкупольном и межкуповом пространстве наблюдаются поглощение тепловой энергии и уплотнение вещества. Одновременно с химическим преобразованием пород, вовлеченных в процесс гранитизации, формирование купольной структуры генерирует механическое движение, которое производит интенсивную деформацию в межкуповых зонах.

К тектоносубфации XII_ш отнесены также шовные зоны blastomylonитов, ультраblastomylonитов Приморского разлома. Формирование парагенезиса тектоносубфации XII_ш этого участка демонстрирует ситуацию, когда происходит подъем теплового потока и локальное повышение температуры и давления до уровня катазоны в узком вертикальном теле глубинного разлома. Подобные шовные структуры характерны не только для Приольхонья. Об их широком развитии свидетельствуют данные изучения Украинского и Балтийского щитов, Приколымского поднятия и других районов. На всех участках тектоносубфации XII_ш наблюдается линейаризация всех ранее сформированных структур и складчатости самих шовных зон, образование псевдомоноклиналей.

Предложенная шкала тектонофаций катазоны позволяет проводить тектонофациальное картирование районов полициклических, интенсивно метаморфизованных комплексов. Составленные при этом схемы тектонофаций могут служить основой как для решения разнообразных вопросов тектоники этих районов, так и для проведения минерагенических исследований. Шкала была апробирована при изучении степени деформированности пород Приольхонья и ряда других участков Западного Прибайкалья.

Тектонофациальное районирование Приольхонья выявило, что крупные тектонические блоки, сформированные в докайнозойские этапы развития, являются отражением комплекса деформационных процессов,

включающего региональное шарьирование и региональные сдвиговые деформации. Причем шовный тип деформаций как на уровне мезозоны, так и на уровне катазоны играет ведущую роль в процессах образования складчатых комплексов района.

Сопоставление данных о структурно-вещественном составе метаморфогенных месторождений и рудопоявлений железа изученных участков (в том числе районы месторождения Байкальское и группы рудопоявлений Мысовской стрелки) и уровня деформированности слагающих их пород показывает, что интенсивность деформационных процессов имеет прямую связь с миграцией рудного вещества и образованием рудных тел. Формирование рудных тел происходит на этапе образования тектонофации XI (складко-надвиговые структуры, складки покровного комплекса). Линейные зоны тектоносубфации XII_ш глубинных разломов (Главного Саянского и Приморского) являлись источником эндогенного тепла, влиявшего на формирования железоруднения в процессе тектонометаморфических преобразований на уровне катазоны. Гнейсово-купольные структуры тектоносубфации XII_к являются индикатором отсутствия оруднения или значительного ухудшения качества руд, за счет выноса рудного компонента в процессе гранитизации и сопровождающих ее деформаций околкупольного пространства.

Библиографический список

1. Бухаров А.А., Фиалков В.А. Геологическое строение дна Байкала: взгляд из "Пайсиса." – Новосибирск: Наука, Сиб. изд. фирма РАН, 1996. – 118 с.
2. Добрыжинская Л.Ф., Молчанова Т.В., Соношкин В.Е., Лихачев А.Б., Федоровский В.С. Покровные и сдвиговые пластические деформации метаморфического комплекса Приольхонья (Западное Прибайкалье) // Геотектоника. – 1992. – № 2. – С.58-71.
3. Летников Ф.А. Синергетика геологических систем. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1992. – 230 с.
4. Летников Ф.А. Взаимосвязь процессов гранитизации, метаморфизма и тектоники // Геотектоника. – 2000. – № 1. – С. 3-22.
5. Патаха Е.И. Тектонофациальный анализ складчатых сооружений фанерозоя. – М.: Недра, 1985. – 169 с.
6. Патаха Е.И. Общая деформация земной коры с позиций тектонофациального анализа // Тектонические процессы: Докл.сов. геологов на XXVIII сессии Международного геол. конгр. (Вашингтон, июль 1980). – М.: Наука, 1989. – С. 201-210.
7. Розен О.М., Федоровский В.С. Коллизионные гранитоиды и расслоение земной коры. – М.: Научный мир, 2001. – 188 с.
8. Структурные парагенезы и их ансамбли. Материалы совещания. – М.: ГЕОС, 1997. – 282 с.
9. Эз. В.В. Складкообразование в земной коре. – М.: Наука, 1985. – 240 с.
10. Arthaud F., Mattauer M. Presentation d'un nouveau mode de description tectonique la notion de sous-facies tectonique. C.r. Acad. sci. 1969. D. 268, № 7. p.1019 – 1022.