

ЮРСКО-НИЖНЕМЕЛОВАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ АЗИИ: РЕКОНСТРУКЦИЯ ПО ИЗМЕНЕНИЮ АССОЦИАЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ МИНЕРАЛОВ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

В.П. Нечаев*, М. Мусашино, Донг У Ли*****

* *Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток*

** *Университет образования г. Киото, Япония*

*** *Национальный университет г. Конгжу, Ю. Корея*

В статье обобщаются имеющиеся сведения по тяжелым минералам осадочных пород Циркум-Япономорского региона с целью осветить наиболее спорные моменты формирования его геологической структуры. Для этого используются литературные данные по Нижнеамурскому, Самаркинскому, Таухинскому, Журавлевскому и Сергеевскому террейнам Сихотэ-Алиня, северо-восточной части бассейна Кенсан Южной Кореи, а также результаты собственного изучения террейнов Ультра-Тамба, Симанто, Северного и Южного Чичибу юго-западной Японии. В результате актуалистической интерпретации собранного материала подтвержден вывод о том, что тектоническая ситуация региона в юрско-раннемеловой этап его эволюции постоянно определялась косым схождением океанической и континентальной плит. В юрско-валанжинское время на окраине континента формировались аккреционные призмы. Механизмом их образования предполагается косая и медленная (не вызывающая вулканизма) субдукция, сопровождаемая локальными коллизиями. Эта тектоническая обстановка определялась нахождением окраины в задуговой области и была возможна благодаря частичной компенсации схождения плит субдукцией под выдвинутые в океан энсиматические островные дуги. В валанжин-готеривское время произошло, по-видимому, столкновение аномального блока океанической плиты с магматической дугой на юге региона. Этот кризис привел к значительному усложнению границы плит. Континентальная окраина, относительно прямолинейная на значительном протяжении в юрско-валанжинское время, была разобрана левосторонними сдвигами на несколько сегментов. Возникла новая система островных дуг, в тылу которых на континентальных склонах накапливались мощные толщи турбидитов. В барреме-альбе геодинамическая система окраины еще более усложнялась из-за многочисленных коллизий в зонах субдукции и сдвигов, хотя в целом она так и оставалась областью косого схождения плит.

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа нацелена на проверку имеющихся гипотез о юрско-нижнемеловой эволюции восточной окраины Азии на основе изучения тяжелых минералов осадочных пород. Этот этап геологического развития вызывает повышенный интерес, поскольку он считается критическим в формировании современной структуры региона. Практически все исследователи сходятся на том, что континентальная окраина этого времени представляла собой область косого схождения океанической и континентальной плит [4,7,8,16,17,27,29 и др.]. Разногласия начинаются при конкретизации этой общей концепции. С нашей точки зрения, проблема состоит в том, что невероятная изменчивость объекта в пространстве и времени, а также недостаток знаний о нем заставляют авторов гипотез слишком упрощать природу и придавать одному геодинамическому процессу (субдукции или сдвиговому движению) большую роль, чем другому. Так, например, В.П. Уткин [16,17] считает крупно-

масштабные левосторонние сдвиги и осложняющие их другие (более низкого порядка) тектонические движения, а также производные магматические, метаморфические и осадочные процессы главными в мезозойской эволюции региона. С другой стороны, в гипотезах Маруямы с соавторами [27], Б.А.Наталина [7,8,29], В.В.Голозубова и А.И.Ханчука [4], преувеличена роль субдукции, хотя реконструкции этих авторов не так односторонни и отдают сдвигам значительную роль на определенных этапах раннемеловой истории.

Изучая геологическое развитие региона, большинство современных исследователей основывается на нескольких представлениях. Некоторые из них вызывают определенные сомнения. Особенно подозрителен постулат о том, что тектонические меланжи с заключенными в них блоками пород континентального и океанического происхождения считаются индикаторами нормальной субдукции даже тогда, когда вблизи отсутствуют фрагменты магматических дуг, одновозрастных меланжам. Чтобы восстановить необходимую ассоциацию

“субдукционного” комплекса и магматической дуги предполагаются значительные вторичные перемещения комплексов по латерали. Так, например, Б. А. Натальин [7,8,29] и, вслед за ним, В.В. Голозубов и А.И. Ханчук [4] считают, что юрско-валанжинские террейны аккреционных призм Сихотэ-Алиня формировались перед вулканической дугой юго-восточного Китая и Южной Кореи, а затем были перемещены далеко на север по левосторонним сдвигам. Однако мы не видим подтверждения этому в составе самих меланжей, где отсутствуют вулканиты какой бы то ни было дуги. В то же время, субдукционная природа других террейнов аккреционных призм не вызывает сомнения, поскольку их меланжи содержат включения океанических образований (пелагических осадочных пород, толеитовых и щелочных базальтов, интрузивных офиолитов) и вулканитов островных дуг и/или активных континентальных окраин, как, например, было недавно обнаружено в Нижнеамурском террейне альб-сеноманской аккреционной призмы северного Сихотэ-Алиня [6,12].

Террейны, составленные мощными толщами нижнемеловых турбидитов, считаются образованными в условиях продольного скольжения океанической и континентальной плит без всякого участия субдукции на том основании, что эти турбидиты, включая сопутствующие берриас-валанжинские олистостромы, содержат обломочный материал чисто континентального происхождения. Юрские кремни и базальты, имеющиеся, например, в Журавлевском турбидитовом террейне южного Сихотэ-Алиня, рассматриваются как остатки океанической коры из фундамента бассейна. Эти остатки, а также пелагические осадочные породы (кремни), одновозрастные журавлевским турбидитам в более восточных террейнах, считаются свидетельствами того, что турбидиты отлагались на океанической коре непосредственно у континентального подножия. При этом, несмотря на фрагменты одновозрастных турбидитам вулканических дуг в соседних террейнах (например, фрагменты валанжин/готерив-альбских дуг в Кемском террейне восточного Сихотэ-Алиня, на о-вах Монерон и Ребун в Японском море, а также в горах Кабата на Хоккайдо и террейна Северный Китаками на северо-восточном Хонсю, рис. 1), предполагается, что турбидиты отлагались на окраине открытого океана [4]. Фрагменты дуг оказались по соседству с турбидитами в результате среднемеловых перемещений по левосторонним сдвигам. Все эти предположения, кроме образования турбидитов на окраине открытого океана, кажутся хорошо обоснованными. Что же касается последнего, то, с нашей точки зрения, не исключено, что турбидиты накап-

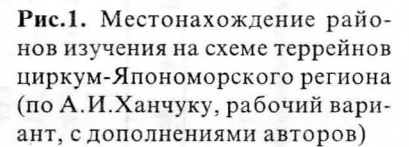
ливались в окраинном море, чья островная дуга была сильно выдвинута в океан, так что ее вулканизм не оказывал заметного влияния на лавинное приконтинентальное осадконакопление.

Причинами раннемеловых тектонических перестроек в регионе называются постепенные изменения в ориентировке движения плит [4] и блокирование субдукции микроконтинентами, движущимися к континенту в составе океанической плиты, и террейнами, перемещающимися по сдвигам вдоль окраины [7,8,27,29]. Коллизионные перестройки хорошо обоснованы соответствующими тектоническими (чешуйчато-надвиговыми и складчатыми) структурами, магматическими (высоглиноземистыми гранитоидами) и динамо-метаморфическими комплексами, тогда как изменения в ориентировке движения плит кажутся умозрительными, хотя и вполне вероятными в условиях сложного взаимодействия континентальной и океанической литосфер. Следует только добавить, что, судя по присутствию в меланжах высокobarных офиолитов и щелочных базальтов внутриокеанического типа, коллизии, сопровождающие косое схождение плит в регионе, были часто вызваны аномальными блоками океанической литосферы, наподобие тех, что сейчас находят в районах различных внутриокеанических поднятий.

Задача следующих палеотектонических реконструкций, видимо, в том, чтобы путем изыскания новых фактов, более детальной корреляции породных комплексов и, несомненно, критической переработки существующих представлений разработать геодинамическую модель, соответствующую природе сложно-меняющейся юрско-раннемеловой окраины. В этой работе приводятся результаты актуалистической интерпретации данных о тяжелых минералах, которые недостаточны для разработки полноценной новой модели, но могут быть использованы для этого наряду с другими сведениями в будущем. Иначе говоря, мы не предлагаем новую концепцию развития региона, а лишь пытаемся уточнить некоторые ключевые моменты этого развития.

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ, РАЙОНЫ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ

Настоящее исследование основано на результатах изучения тяжелых обломочных минералов осадочных пород, известных из литературы по Сихотэ-Алиню, Сахалину и Южной Корее [1, 2, 5, 12, 25] и дополненных оригинальными анализами, выполненными в лаборатории седиментологии ДВГИ ДВО РАН после полевых работ на Сихотэ-Алине и в Японии в 1994-1995 годах. В частности, использовались данные по району оз. Удиль (Ниж-



ных жидкостях. Аутигенные минералы в составах не учитывались. Методика интерпретации данных основана на актуалистическом подходе и описана в публикациях [9-12,30-34].

Рассматриваемые ассоциации тяжелых минералов могут быть подразделены на три группы (рис. 2). Первая, в которой преобладают обычные мафические минералы магматических пород (пироксены и роговая обманка - компонент MF), представляет осадочные породы юры-берриаса мыса Шельтинга (восточный Сахалин), валанжин/готерив-баррема р-она оз. Удыль (Нижнеамурский террейн) и альба р-она Сасаяма (террейн Ультратамба). Согласно положению на дискриминационных диаграммах рис. 2 все эти отложения образовались под прямым влиянием вулканических дуг. При этом, все ассоциации имеют одну общую осо-

Таблица

Средние составы (%) тяжелой фракции (0,01-0,1 мм) юрско-нижнемеловых осадочных пород циркум-Япономорского региона

Местонахождение, возраст (толща) *	К-во проб	Sp	Mt	Plm	Lcx	Opх	Cpx	Hb	Ep+Act	Zr	Gm	Sph	Trm	Ap	Rut	Cor	And+Kn+Mon +St
Оз. Удыль, Нижнеамурский террейн ^[12]																	
K ₁₋₂ Alb-Cen	3	42.9	0.4	2.3	0.2	0.0	2.3	14.4	16.1	2.8	11.1	5.7	0.2	1.5	0.0	0.0	0.0
K ₁₋₂ Alb-Cen	23	16.7	2.7	2.2	1.7	0.4	17.1	4.9	5.5	29.9	12.8	3.1	0.1	2.9	0.0	0.0	0.0
K ₁₋₂ Alb-Cen	31	40.4	2.7	5.8	0.5	1.8	14.3	13.6	2.4	10.1	2.9	3.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
K ₁₋₂ Brm-Cen	12	2.1	26.4	0.0	0.0	1.1	35.2	2.0	24.1	1.4	4.6	1.3	0.0	1.6	0.1	0.0	0.0
K ₁ Nau-Brm	6	0.6	9.1	0.0	0.0	0.7	86.8	1.8	0.1	0.0	0.0	0.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
K ₁ Vlg-Brm	2	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	69.0	16.2	5.6	2.5	4.1	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
K ₁ Vlg-Brm	10	1.2	18.4	21.8	2.8	0.0	35.3	7.8	0.0	9.8	0.1	0.0	0.0	2.7	0.1	0.0	0.1
Северный Сихотэ-Алинь, Журавлевский террейн ^[2]																	
K ₁ Alb (Удоминская свита)	14	11.1	7.0	3.9	5.4	0.0	8.2	0.9	2.8	56.1	0.5	0.8	0.6	2.0	0.6	0.0	0.1
K ₁ Alb (Ларгасинская свита)	14	6.4	8.4	6.7	6.0	0.0	4.4	7.4	1.0	51.3	0.8	0.6	0.5	2.6	0.9	0.0	3.0
K ₁ Apt-Alb (Уктурская свита)	7	6.7	4.1	2.4	5.4	0.0	2.7	0.9	1.2	70.0	1.8	0.5	0.3	3.5	0.7	0.0	0.0
K ₁ Vlg (Пиванская свита)	9	0.7	0.0	3.4	7.1	0.0	3.8	2.0	0.7	66.3	9.5	0.1	2.1	2.4	1.4	0.0	0.5
K ₁ Ber-Vlg (Пионерская свита)	3	1.6	0.0	5.7	7.8	0.0	1.4	0.0	0.1	67.4	3.6	0.0	2.0	9.2	0.0	0.0	1.2
K ₁ Ber (Горипская свита)	4	1.6	6.6	5.1	14.9	0.0	3.3	0.2	0.6	61.3	0.8	0.4	0.5	4.5	0.2	0.0	0.0
Северный Сихотэ-Алинь, Самаркинский террейн ^[2]																	
J-K ₁ (Джаурская свита)	13	1.0	0.0	1.9	18.1	0.0	0.9	1.3	0.0	70.4	0.9	0.2	1.0	3.6	0.5	0.0	0.2
Р. Бикин, Журавлевский террейн ^[2]																	
K ₁ Alb	17	25.9	1.4	7.2	6.0	0.0	2.9	0.5	0.1	51.7	1.0	0.1	0.2	0.8	0.4	0.0	1.8
K ₁ Vlg	18	5.7	1.2	4.4	3.1	0.0	0.4	0.0	4.4	70.5	3.5	0.6	0.7	3.6	1.9	0.0	0.0
Р. Бикин, Самаркинский террейн ^[2]																	
K ₁ Ber-Vlg	4	8.1	0.0	2.5	11.0	0.0	1.0	0.0	0.0	62.2	11.2	1.0	0.3	2.5	0.2	0.0	0.0
J ₃ K ₁ Ber	46	4.2	1.4	4.3	6.2	0.0	1.5	0.3	0.4	68.1	5.6	0.7	1.2	5.3	0.4	0.0	0.4
Р. Рудная, Журавлевский террейн ^[5]																	
K ₁ Apt-Alb	20	3.5	0.6	3.3	9.3	0.2	3.0	1.4	0.8	48.7	16.4	0.3	6.4	3.3	2.2	0.3	0.3
K ₁ Nau-Brm	6	3.5	0.0	0.8	10.9	0.0	4.6	0.2	5.9	36.8	0.0	0.0	11.8	4.8	20.3	0.0	0.4
Р. Рудная, Таухинский террейн																	
K ₁ Ber-Vlg ^[5]	1	0.2	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	94.7	0.0	0.0	0.7	0.7	1.7	0.0	0.3
J ₃ -K ₁	2	0.0	0.5	0.7	20.9	0.0	0.0	14.6	0.2	43.5	19.1	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0
Партизанско-Суходольский бассейн, Сергеевский террейн ^[1]																	
K ₁ Htr-Brm--Alb (Верхняя угленосная толща)	19	0.4	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	70.5	3.9	0.0	17.5	0.0	0.0	0.6	0.0
K ₁ Htr-Brm--Alb (Верхн. безугольная толща)	27	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.6	40.0	2.1	0.2	19.4	0.6	0.0	0.9	27.3

Продолжение таблицы

Местонахождение, возраст (толща) *	К-во проб	Sp	Mt	Ilm	Lcx	Orx	Cpx	Hb	Ep+Act	Zr	Grn	Sph	Trm	Ap	Rut	Cor	And+Kln+ Mon+St
K ₁ Htr-Brm--Alb (Средняя угленосная толща)	50	0.0	54.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	35.2	0.5	0.2	5.6	0.0	0.0	0.0	0.1
K ₁ Htr-Brm--Alb (Средн. безугольная толща)	3	0.0	60.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	14.8	2.5	0.0	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0
K ₁ Htr-Brm--Alb (Нижняя угленосная толща)	16	0.0	52.2	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	14.6	12.8	4.3	0.1	0.8	0.0	0.1	0.0	12.4
K ₁ Vlg (Ключевская свита)	35	0.0	11.8	0.0	2.9	0.0	0.0	2.2	19.2	46.1	0.0	0.0	2.0	14.8	0.0	0.0	1.0
K ₁ Ber (Верхн. подсвита Чигановской св.)	13	0.6	0.1	0.8	3.7	0.0	0.3	2.7	1.3	62.5	9.2	6.3	2.3	8.9	1.1	0.0	0.1
Северо-восточная часть бассейна Кенсан, Ю. Корея ^[26]																	
K ₁ Apt-Alb (Jeongok Fm.)	12	0.6	8.2	25.0	5.3	0.1	0.9	2.1	14.1	12.5	11.3	5.7	9.4	3.5	0.8	0.0	0.6
K ₁ Apt-Alb (Huryongdong Fm.)	12	1.0	10.3	24.6	13.9	0.0	0.2	0.1	0.5	21.2	7.7	1.5	10.4	4.0	1.8	0.0	2.8
K ₁ Apt-Alb (Iljing Fm.)	11	0.1	5.3	34.8	10.2	1.1	5.0	0.1	19.7	9.4	1.8	0.5	5.3	3.5	0.9	0.0	2.2
М. Шельтинга, Восточный Сахалин																	
J ₂ -K ₁ Ber	2	0.0	28.3	0.0	0.0	1.8	64.1	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Р-н Сасаяма, террейн Ультра-Тамба																	
K ₁ Alb (Upper Sasayama Group)	1	0.0	0.0	0.0	0.7	0.4	4.1	89.9	2.2	0.4	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0
K ₁ Vlg (Lower Sasayama Group)	2	0.4	1.1	0.6	2.9	0.0	0.2	2.3	4.9	30.2	52.2	2.1	1.1	1.6	0.5	0.0	0.0
П-ов Кии, террейн Симанто																	
K ₁₋₂ Alb-Cen	6	0.8	0.2	11.0	6.7	0.0	0.0	1.2	28.2	19.7	27.7	3.4	0.3	0.5	0.3	0.0	0.0
П-ов Кии, террейн Сев. Чичибу																	
K ₁ Brm	2	3.9	0.0	6.2	9.1	0.3	5.1	0.9	25.3	26.9	18.0	3.4	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0
K ₁ Hau	3	37.6	2.2	3.9	10.4	0.0	0.0	0.0	26.8	10.7	6.8	1.0	0.1	0.4	0.1	0.0	0.0
П-ов Кии, террейн Южн. Чичибу																	
K ₁ Vlg-Brm (олистострома)	2	0.1	0.0	1.1	2.0	0.9	0.5	0.9	0.0	87.9	1.5	0.1	0.1	4.4	0.5	0.0	0.0
J (олистострома)	1	0.7	0.0	2.9	2.9	0.0	0.0	0.0	0.7	35.0	39.1	1.5	1.5	0.7	0.7	14.2	0.0

Примечание.* Источники информации согласно списка литературы; отсутствие цифры означает оригинальные данные. Названия толщ в первой колонке указаны только для устоявшихся региональных названий.

Индексы минералов: Sp - хромистая шпинель; Mt - магнетит; Ilm - ильменит; Lcx - лейкоксен; Орх - ортопироксен; Срх - клинопироксен; Hb - роговая обманка; Ep - эпидот (группа); Act - актинолит; Zr - циркон; Grn - гранат; Sph - сфен; Trm - турмалин; Ap - апатит; Rut - рутил; Cor - корунд; And - андалузит; Kln - кианит; Mon - монацит; St - ставролит.

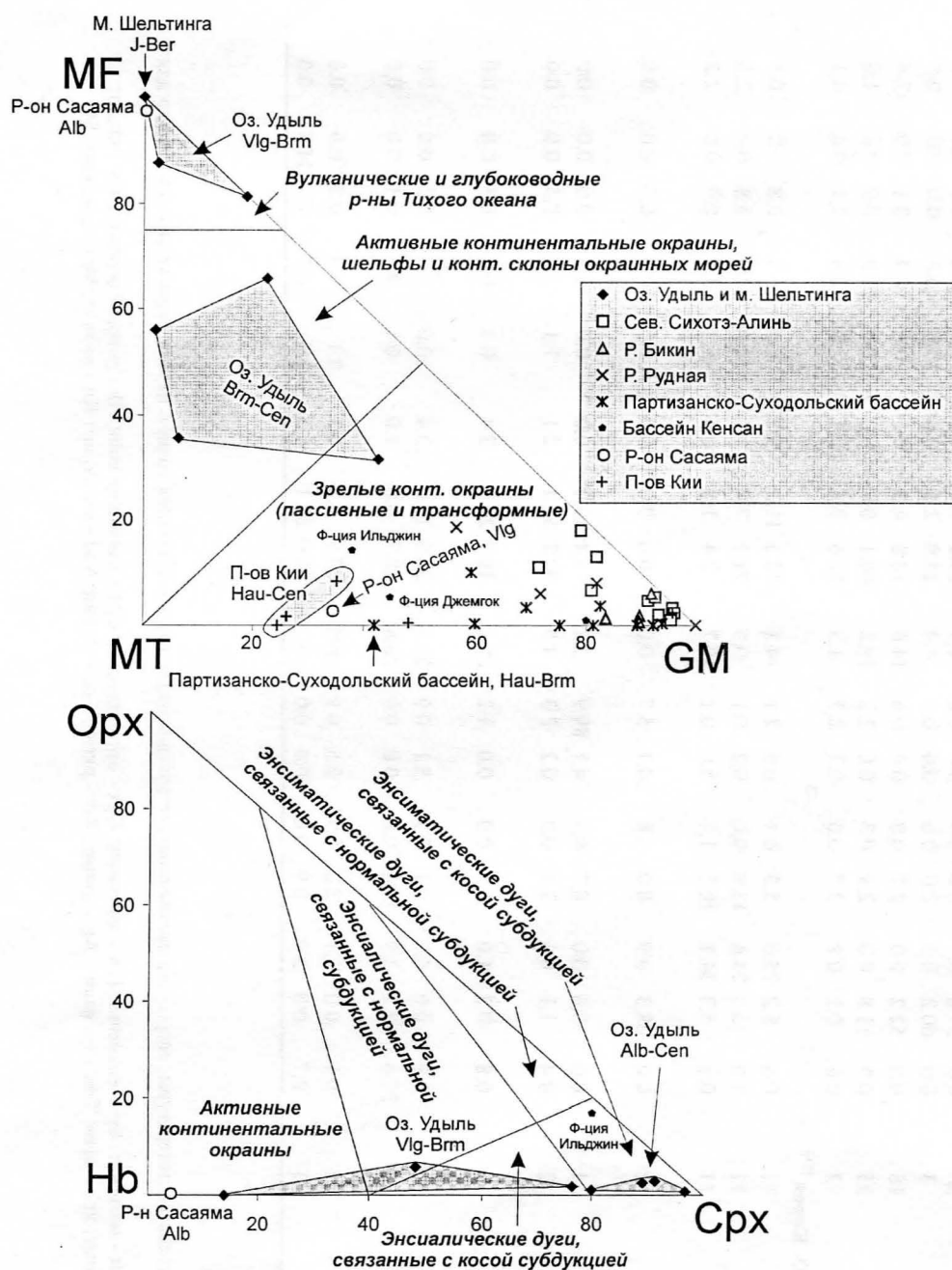


Рис. 2. Дискриминационные диаграммы для различения ассоциаций тяжелых обломочных минералов из различных геодинамических обстановок, разработанные на основе актуалистического подхода [30-33]. MF - сумма содержаний оливина, орто- и клинопироксенов (Орх, Срх) и буро-зеленой роговой обманки (Нб); MT - сумма содержаний эпидота (Ер), граната (Grn), бледно-окрашенных амфиболов (Act); GM - сумма содержаний циркона (Zr), турмалина (Trm), ставролита (St), дистена (Kn), и андалузита (And). Поля на диаграмме Орх-Нб-Срх предназначены для распознавания геодинамических характеристик только по осадкам вулканических дуг и сопряженных глубоководных желобов.

бенность - они почти не содержат ортопироксена (диаграмма Срх-Орх-Нб на рис. 2), что характерно для дуг, сопряженных с острым углом схождения плит [32].

Богатая клинопироксеном вулканокластика из района оз. Удыль и мыса Шельтинга указывает на энсиматические дуги, подобные современной Идзу-Бонинской дуге [12,32]. Восточно-Сахалинские вулканы по возрасту (юра-берриас) коррелируются с магматической дугой Юго-Восточного

Китая и Южной Кореи [4,7,8,25,29,40]. Они, видимо, могут быть фрагментом продолжения этой дуги с континента в океан. Нижнеамурский фрагмент по возрасту и петрологии коррелируется с остатками валанжин/готерив-аптской дуги на о-вах Монерон и Ребун (северная часть Японского моря) и в горах Кабата (Хоккайдо) [13,14,24,35]. Южнее эта цепь может быть продолжена к террейну Северного Китаками, включающему кислые магматические породы, которые близки по возрасту (готерив-баррем), но отличны по составу (указывающие на энсиалическую дугу) [28].

Богатая роговой обманкой вулканокластита из альбской части группы Сасаяма накопилась, вероятно, на энсиалической дуге типа современной Филиппинской дуги (диаграмма Сrx-Оrx-Hb на рис. 2) [32]. Этот комплекс по возрасту коррелируется с фрагментами апт-альбской островной дуги в Кемском террейне восточного Сихотэ-Алиня (Самаргинская дуга по В.П. Симаненко [14]).

Необходимо отметить, что взаимоотношения между упомянутыми валанжин/готерив-альбскими фрагментами дуг не ясны. Они могут представлять либо одну дугу, длительно развивавшуюся на различном субстрате, либо несколько самостоятельных дуг. В дальнейшем, для простоты, мы будем условно ссылаться на них как на две (валанжин/готерив-аптскую и апт-альбскую) островодужные системы.

Вторая ассоциация, характеризующаяся сонахождением мафических (MF), метаморфических (MT) и гранитно-метаморфических (GM) компонентов, представляет баррем-сеноманские осадочные породы Нижнеамурского террейна. Согласно уже опубликованной интерпретации [12], баррем-аптские ассоциации этой группы указывают на размыв остаточной энсиматической дуги, а альб-сеноманские - на непосредственное влияние энсиалической вулканической дуги. Последняя может быть идентифицирована как Хинган-Охотская активная континентальная окраина по Б.А. Натальину [7,8,29]. Судя по низкому содержанию ортопироксена в осадках, Хинган-Охотская окраина, как и юрско-альбские дуги региона, была сопряжена с косым схождением плит (см. диаграмму Сrx-Оrx-Hb на рис. 2).

Третья, наиболее многочисленная группа минеральных ассоциаций, обогащенная продуктами размыва зрелых континентальных окраин (компоненты GM и MT), представляет все оставшиеся районы изучения. Эти данные свидетельствуют, что большинство юрско-нижнемеловых осадочных пород региона накапливались в обстановках пассивной и/или трансформной континентальной окраины [33]. Среди этой группы ассоциаций можно

выделить готерив-барремские Партизанско-Суходольского бассейна, апт-альбские бассейна Кенсан, юрские и готерив-сеноманские п-ова Кии и валанжинские из района Сасаяма. Все они отличаются высокими содержаниями нестабильных к выветриванию минералов (эпидота и граната - компонент MT) по отношению к стабильным (циркону и турмалину - компонент GM). Это указывает на тектоническую или вулканическую активность, в результате которой в зону размыва континентальной окраины выводились свежие кристаллические породы. Более конкретно мы рассмотрим эти наблюдения ниже.

На рис. 3 показаны наиболее значимые минералогические изменения осадочных пород в пространстве и времени. Первое, что бросается в глаза на диаграммах, это значительные вариации разновозрастных ассоциаций от места к месту и почти полное отсутствие прямых корреляций между колонками. Можно отметить только 2 исключения: 1) минеральные составы разновозрастных отложений из разных мест в пределах одного террейна довольно близки друг другу (сравните диаграммы северного Сихотэ-Алиня и р. Бикин); 2) синхронное увеличение содержания хромистой шпинели в альб-сеноманских отложениях оз. Удыль, северного Сихотэ-Алиня и р. Бикин. Согласно нашей прежней интерпретации [12], последнее свидетельствует об эрозии офиолитов и щелочных вулканитов, связанной с коллизией и последующей аккрецией валанжин/готерив-барремской энсиматической дуги и сопутствующих фрагментов океанической и окраинно-морской литосферы к Хинган-Охотской активной континентальной окраине. Эта окраина в среднемеловое время протягивалась вдоль юго-восточного края Сибирского кратона, окаймленного пред-среднемеловыми террейнами, а затем была заблокирована Сихотэ-Алинскими террейнами, подошедшими к ней с юга в результате левосторонних сдвигов [7,8,29]. Эти сдвиги, по видимому, и были причиной отмеченных выше значительных вариаций минерального состава отложений между различными террейнами. Области седиментации и питающие провинции юрско-нижнемеловых осадочных пород различных террейнов были далеки друг от друга, несмотря на то, что сейчас многие из этих террейнов соседствуют. Таким образом, наши данные прямо подтверждают террейновую концепцию тектонического районирования региона и косвенно поддерживают идею о сдвиговой природе границ большинства террейнов [4,7,8,29].

В свете вышесказанного вполне естественно выглядят своеобразные ассоциации тяжелых минералов из апт-альбских отложений северо-восточной части бассейна Кенсан [26]. Самая древняя из

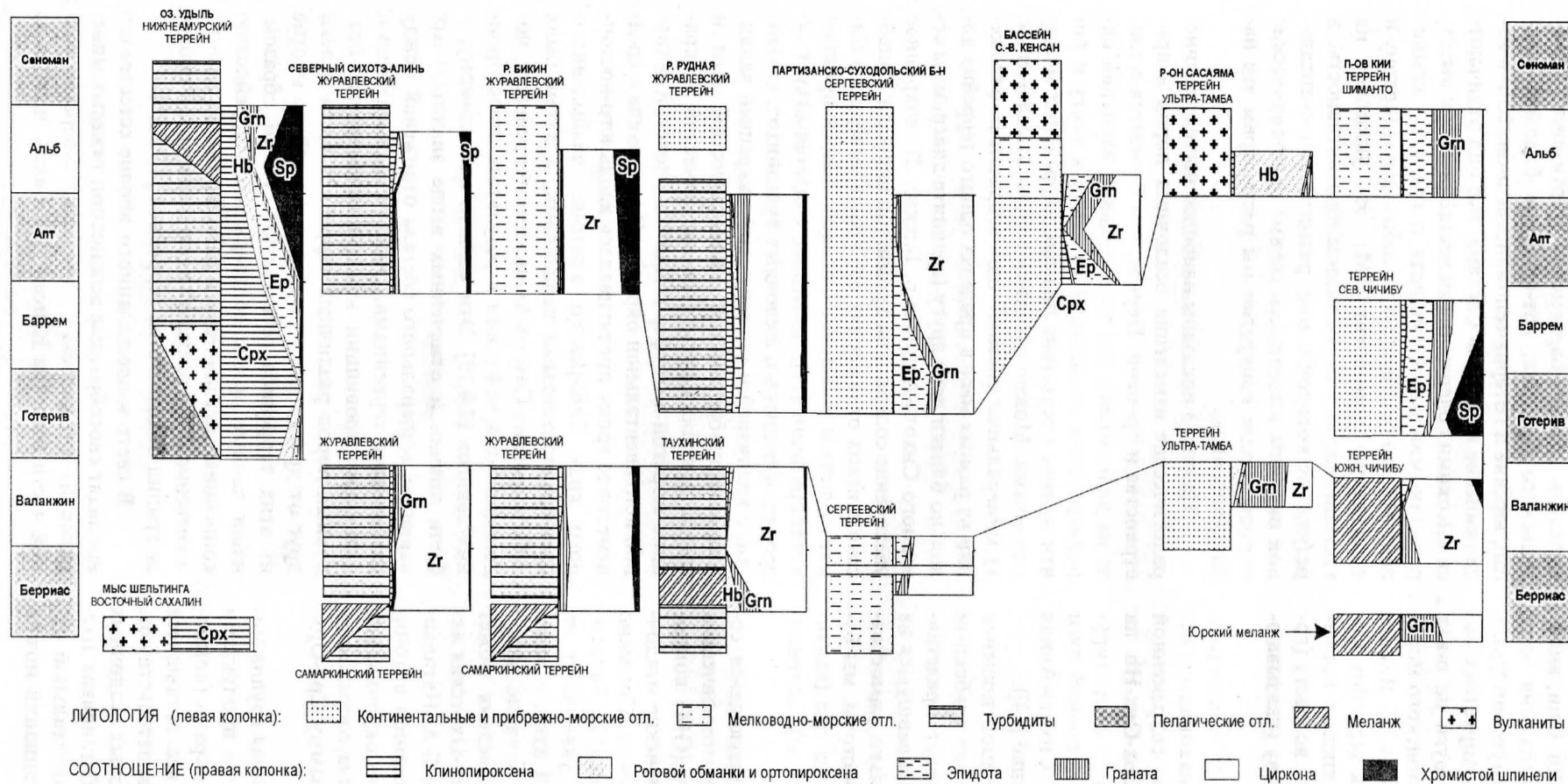


Рис. 3. Возрастные и пространственные изменения литологического состава и соотношений главных тяжелых минералов в изученных юрско-нижне-меловых отложениях циркум-Япономорского региона (см. Таблицу и рис. 1).

них, принадлежащая формации Ильджин (Iljing), содержит относительно нестабильный минеральный набор: эпидот, циркон, клинопироксен и другие; менее значимые компоненты. Эпидот и, особенно, клинопироксен необычны для кристаллических пород, подстилающих и окружающих бассейн [26]. Вероятно, они происходят из отдаленного вулканического источника, чья природа подтверждается вулканогенным матриксом некоторых пород формации [26]. Содержание роговой обманки и ортопироксена в этих отложениях незначительно (рис. 2), что указывает на энзиматическую дугу типа современной Идзу-Бонинской в качестве источника вулканокластиков [32]. Фрагменты такой дуги, как уже говорилось, обнаружены в валанжин/готерив-аптских разрезах некоторых террейнов далеко к северо-востоку от бассейна Кенсан (см. рис. 1). Можно предположить, что накопление формации Ильджин происходило на континентальной окраине в зоне достижимости пирокластиков с энзиматической части валанжин/готерив-аптской островодужной системы. Позднее островодужная система была фрагментирована и перемещена левосторонними сдвигами на северо-восток.

Средняя часть апт-альбского разреза северо-восточной части бассейна Кенсан, формация Хупиендонг (Hupyeondong), характеризуется более зрелой ассоциацией минералов, содержащей циркон и гранат в качестве главных обломочных компонентов тяжелой фракции. Никакой вулканокластиков среди отложений этой формации не обнаружено [26]. Это означает остановку вулканической деятельности, соответствующую, вероятно, отмиранию валанжин/готерив-аптской островодужной системы.

Верхняя часть изученного апт-альбского разреза бассейна Кенсан, формация Джемгок (Jemgok), снова включающая вулканокластиков, содержит эпидот, циркон, гранат и роговую обманку в качестве главных тяжелых минералов [26]. Эта ассоциация близка обнаруженным в альб-сеноманских отложениях террейна Симанто на п-ове Кии и, в меньшей степени, Журавлевского террейна в бассейне р. Рудной на Сихотэ-Алине. Высокие содержания граната и циркона в этих ассоциациях указывают на размыв кислых высокоглиноземистых магматических пород или влияние соответствующей вулканокластиков. В современной петрологии кислый высокоглиноземистый (S-типе) магматизм считается коллизионным [19, 20, 38]. Его проявления известны среди нижнемеловых комплексов Сихотэ-Алиня как Хунгарийские гранитоиды валанжин-барремского возраста и Сандинские гранитоиды апт-альбского возраста [15]. Проявления кислого вулканизма широко распрост-

ранены в апт-альбских разрезах как прослои туфов и, реже, лав во многих местах региона, включая перечисленные выше местонахождения. Природа этого вулканизма плохо изучена, однако нам кажется резонным связать его с упомянутыми коллизионными гранитоидами и апт-альбскими осадочными образованиями бассейна Кенсан, р. Рудной и п-ова Кии, поскольку все эти образования объединяет одна особенность - они обогащены гранатом. Во всяком случае, обломочный материал апт-альбских отложений бассейна Кенсан, р. Рудной и п-ова Кии резко отличается от характерного для вулканических дуг, в котором доминируют пироксены и роговая обманка [33]. Типичная кластика вулканических дуг, как уже упоминалось, обнаружена среди соответствующих по возрасту отложений региона только в альбских вулканитах р-она Сасаяма и альб-сеноманских терригенных породах Нижнеамурского террейна (см. рис. 2).

Все сказанное свидетельствует о пространственном смещении и разрыве во времени между апт-альбской и валанжин/готерив-аптской островодужными системами. Однако соответствующая тектоническая перестройка была, скорее всего, не резкой, поскольку валанжин/готерив-аптская островодужная система отмирала на разных своих участках в разное время. В частности, ее северная часть (Нижнеамурский фрагмент) перешла в разряд остаточной дуги в барреме [12], а не в апте, как на юге. Причиной баррем-аптской геодинамической реконструкции могли быть локальные, но многочисленные коллизии между вулканической дугой и аномальными блоками субдуцируемой литосферы (океаническими поднятиями и микроконтинентами).

Валанжин/готерив-аптские изменения ассоциаций тяжелых минералов в отложениях оз. Удиль отражают вулканическую активность северной части соответствующей островодужной системы до баррема и размыв ее остатка позднее. В других северо-западных районах Сихотэ-Алиня этот период времени характеризуется отсутствием осадочных отложений. На юге и востоке он выражен постепенным увеличением зрелости ассоциаций. Последнее особенно ярко выражено повышением содержания циркона вверх по разрезу детально изученных терригенных пород Партизанско-Суходольского бассейна [1]. Такие изменения свидетельствуют об относительно спокойном тектоническом режиме, не связанном ни с каким поднятием свежих кристаллических пород в зону размыва. В террейне С. Чичибу на п-ове Кии готерив-барремские изменения представлены увеличением содержания циркона и граната и уменьшением содержания хромистой шпинели. Это указывает на смещение

области осадконакопления от питающих провинций, богатых офиолитами и другими шпинелевыми породами, к тем, в которых доминируют гранитно-метаморфические комплексы.

Следующее наблюдение, которое можно сделать при рассмотрении диаграмм рис. 3 – это резкое изменение минеральных ассоциаций на уровне валанжин-готеривского перерыва осадконакопления, имеющего региональный характер. В отложениях п-ова Кии это изменение состоит в увеличении содержаний хромистой шпинели, эпидота и, в меньшей степени, граната. К. Хисада с соавторами [20-23] обнаружили аномально высокое содержание шпинели также в верхнеготеривских терригенных породах района Токио (к северо-востоку от п-ова Кии) и, видимо, одновозрастных отложениях формации Нагашива (Nagashiba) из района Кономори (Konomori) вблизи тектонической зоны Куросегава (к юго-востоку от п-ова Кии), в тектонической позиции, близкой изученной нами на п-ове Кии. Проанализировав химический состав шпинели, упомянутые исследователи заключили, что она происходит из интрузивных ультраосновных пород островодужного типа (низкотитанистая шпинель) и внутриокеанических щелочных вулканитов (высокотитанистая шпинель). Несмотря на то, что в ближайших тектонических зонах были обнаружены только серпентизированные ультрабазиты, авторы считают, что источником шпинели был протрузивно-вулканический комплекс, выведенный в зону размыва в результате синдвигового растяжения на передовой дуге (fore-arc).

На рубеже валанжина и готерива изменения минералогических ассоциаций в отложениях Партизанско-Суходольского бассейна представлены увеличением содержаний эпидота и граната по отношению к циркону (рис. 3). Это свидетельствует о тектоническом поднятии невыверелых метаморфических пород в зону размыва. В районе р. Рудной можно отметить близкие, хотя и не такие резкие изменения. Здесь слегка возрастают содержания хромистой шпинели, граната и роговой обманки относительно циркона. В более северных и западных районах Сихотэ-Алиня готерив-барремские отложения отсутствуют. Однако перерыв осадконакопления, проявившийся во всех, кроме Журавлевского террейна, районах циркум-Япономорского региона, сам по себе достаточно красноречив. В Журавлевском террейне на границе валанжина и готерива произошла смена характера седиментации – осадконакопление стало спокойным и размеренным, перестали образовываться олистостромы, турбидиты стали более крупнозернистыми, со всеми признаками классического песчаникового флиша [4,5]. Повсеместные изменения

условий седиментации вместе с описанными минеральными изменениями наталкивают на идею регионального тектонического кризиса, произошедшего вблизи границы валанжина и готерива и чей эпицентр находился где-то на юге региона. Он проявился, по-видимому, в надвигании на континентальную окраину пород океанического и островодужного типа вблизи области накопления отложений юго-западной Японии, выводе на поверхность свежих кристаллических пород в районах Сергеевского и Таухинского террейнов и обширном поднятии территории северо-западнее.

Юрско-валанжинские ассоциации тяжелых минералов во всех районах, кроме мыса Шельтинга на восточном Сахалине, указывают на размыв зрелой континентальной окраины (циркон доминирует), в некоторых случаях (берриас р. Рудной, валанжин р-она Сасаяма и юра п-ова Кии, см рис. 3) сопровождаемый проявлениями высокоглиноземистого кислого вулканизма (появление повышенных содержаний граната, эпидота и роговой обманки). Последнее особенно ярко проявлено в богатых гранатом и цирконом туфах и песчаниках нижней части группы Сасаяма. Никакого влияния дугового вулканизма в изученных юрско-валанжинских аккреционных призмах не отмечено. Отсюда следует, что приращение континента за счет океанических пород, происходившие в это время на изученной части окраины, не были связаны с развитой нормальной субдукцией. Главным механизмом аккреции было, скорее всего, очень косое и медленное (не вызывающее вулканизма) поддвигание океанической литосферы под зрелую континентальную окраину (косая субдукция?). Механизм медленной косой субдукции не предполагает тектоническое поднятие и размыв офиолитов и других пород океанической литосферы, что подтверждается отсутствием значительных количеств шпинели и мафических минералов в усредненных составах тяжелой фракции изученных отложений. Однако высокие содержания хромистой шпинели (до 44% тяжелой фракции) в отдельных минеральных ассоциациях юрско-нижнемеловых пород р. Бикин [2] указывают на локальные и кратковременные коллизии, сопровождавшие этот процесс. Об этом же свидетельствуют локальные проявления высокоглиноземистого вулканизма, речь о которых шла выше.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный анализ данных о тяжелых обломочных минералах хорошо согласуется с общепринятой концепцией косого схождения плит на восточной окраине Азии в юрско-раннемеловое время [4, 7, 8, 16, 17, 27,29 и другие]. Эти данные, од-

нако, вносят некоторые коррективы в существующие модели и подходы.

Так например, Б.А.Натальин, В.В. Голозубов и А.И. Ханчук [4,7,8,29] полагают, что юрско-берриасовые террейны аккреционных призм региона формировались в зоне нормальной субдукции перед магматической дугой Юго-Восточного Китая и Кореи. Это мнение перекликается с представлениями многих японских геологов (например, большинства авторов монографии "Pre-Cretaceous terranes of Japan" [37]), которые считают, что юрско-нижнемеловые терригенные отложения Японии образовались в передовой части дуги. Наши данные определенно противоречат этому - никакого влияния дугового вулканизма на осадконакопление терригенных пород Самаркинского и Таухинского террейнов Сихотэ-Алиня, а также террейнов Ультра-Тамба и Южного Чичибу не было. Аккреция этих террейнов, видимо, осуществлялась в ходе косо- и медленного поддвижения океанической литосферы под зрелую континентальную окраину (очень косая и медленная субдукция). Интенсивный субдукционный магматизм на севере (в Удско-Мургальской дуге [36]) и на юге (в дугах юго-восточного Китая и Кореи [25,40]), а также на энзиматической дуге, фрагмент которой обнаружен на восточном Сахалине [3,12]), не позволяют, однако, считать, что движение океанической плиты в западной Пацифике было замедленным регионально. Остается предположить, что в изученной части региона оно было ориентировано очень косо к континентальной окраине и отчасти компенсировалось сравнительно быстрой субдукцией под указанные дуги, где схождение плит происходило под большим углом, т.е. в тылу дуг (рис. 4). Актуальным примером такой ситуации может в какой-то мере служить регион Филиппинского моря, где субдукция под энзиматические дуги не полностью компенсирует движение океанической плиты, так что литосфера окраинного моря относительно медленно движется в ту же сторону (на северо-запад), что и Тихоокеанская плита [18]. Кроме косо-субдукции, механизм формирования аккреционных призм включал локальные коллизии, о чем свидетельствуют проявления кислого высокоглиноземистого (S-type) магматизма и продукты размытия пород океанического типа (хромистая шпинель), аномально обогащающие некоторые прослои терригенных осадков.

Кроме сказанного, отсутствие признаков воздействия дугового вулканизма на юрско-валанжинские отложения Самаркинского и Таухинского террейнов Сихотэ-Алиня, а также террейнов Ультра-Тамба и Южного Чичибу Японии свидетельствует, что они сейчас находятся не очень далеко

от мест своего образования. Во всяком случае, они не перемещались на тысячи километров, как это предполагалось Б.А. Натальиным, В.В. Голозубовым и А.И. Ханчуком [4,7,8,29]. В противном случае их осадки содержали бы вулканокластику дуг Юго-Восточного Китая и Кореи.

Следует отметить, что мы не утверждаем, будто все юрско-нижнемеловые аккреционные призмы региона формировались без участия связанного с субдукцией магматизма. Наши данные просто указывают на необходимость различать среди террейнов аккреционных призм образованные: 1) непосредственно во фронтальной части дуг и 2) пространственно оторванные от дуг (например, приконтинентальные, связанные с очень медленной и косо-субдукцией в задуговой области?).

Наша идея резкого тектонического кризиса вблизи границы валанжина и готерива противоречит мнению В.В. Голозубова и А.И. Ханчука [4] о постепенном увеличении угла схождения плит, как о главной причине тектонической перестройки этого времени. В результате этой перестройки на Тихоокеанской окраине Азии прекратилось формирование меланжей и олистостром, на смену которым пришло интенсивное (но спокойное) накопление турбидитов. Чтобы уточнить позиции, необходимо сказать следующее. Предполагаемый нами валанжин-готеривский кризис, проявившийся в столкновении крупного блока аномальной океанической литосферы и магматической дуги где-то на юге региона, выводе на поверхность свежих кристаллических пород в районах Сергеевского и Таухинского террейнов и обширном поднятии территории северо-западнее нее, не противоречит, а скорее предполагает связанные с ним изменения угла и скорости схождения плит. В то же время, он свидетельствует не о постепенном, а о резком характере валанжин-готеривских изменений. Коллизия повлекла за собой значительное усложнение границы плит. В юре и самом раннем мелу эта граница, видимо, была относительно прямолинейной и ориентированной под очень острым углом к движению океанической плиты, искривляясь к юго-западу только на юге, в районе магматических дуг Юго-Восточного Китая и Кореи. После блокирования субдукции где-то в этих дугах, она возродилась севернее, образовав далеко выдвинутую в океан систему дуг, которая, по-видимому, была большей частью энзиматической (фрагменты гор Кабата, овов Ребун и Монерон, Нижнеамурского террейна) и лишь своим южным окончанием налегающей на окраину континента (фрагмент Северного Китака-ми). Кроме того, коллизия, похоже, вызвала интенсивные левосторонние сдвиги, которые сегментировали континентальную окраину (рис. 4).

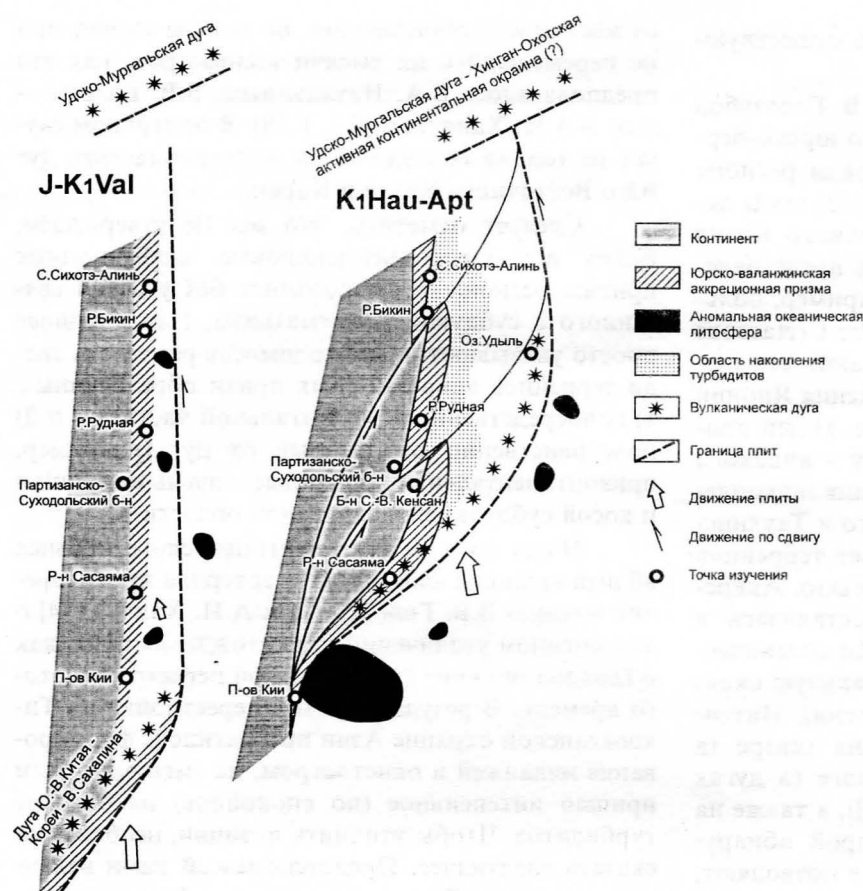


Рис. 4. Схемы, абстрактно иллюстрирующие геодинамические обстановки образования изученных юрско-валанжинских (J-K₁Val) и готерив-аптских (K₁Hau-Apt) отложений циркум-Япономорского региона.

Наша интерпретация формирования готерив-аптских турбидитов расходится с мнением В.В. Голозубова и А.И. Ханчука [4], которые считают их образованными на трансформной границе плит типа существующей сейчас к западу от США. С нашей точки зрения, эти отложения накапливались за счет размыва зрелой континентальной окраины в условиях, напоминающих приконтинентальную часть современного Южно-Китайского моря. Там лавинное терригенное осадконакопление происходит в спокойной тектонической обстановке в тылу Филиппинской дуги. При этом, высокие скорости седиментации обеспечиваются интенсивным разрушением коллизионной системы Гималаев на западе в относительно отдаленной внутриконтинентальной области. Транспортировка материала осуществляется рекой Меконг, текущей от Гималаев к морю. Если учесть эту аналогию, а также крупномасштабные сдвиговые перемещения, хорошо обоснованные для готерив-аптского времени во внутриконтинентальной области региона [39], многочисленные фрагменты магматических дуг к востоку от турбидитовых террейнов и отсутствие меланжей по всему региону, то тектоническая обстановка готерив-аптского времени представляется как окраинное море с

системой вулканических дуг на юго-востоке и пассивной континентальной окраиной на западе. При этом, косое схождение плит отчасти компенсировалось субдукцией под островные дуги, а отчасти левосторонними сдвигами во внутриконтинентальной области. В северной части региона сдвиги были ориентированы на северо-восток под острым углом к субмеридиональной пассивной окраине (система Тан-Лу) и, вероятно, изменяли ее конфигурацию, делая пилообразной. Это отражено в современной восточной границе домезозойских и юрско-валанжинских террейнов, особенно на севере региона (см. рис. 1 и 4). В зонах сдвигов происходила концентрация напряжений сжатия, что приводило к тектоническому поднятию и интенсивному размыву на многих участках внутриконтинентальной области региона. Сама же пассивная окраина и приконтинентальная часть моря были тектонически стабильны и служили областью лавинного осадконакопления, питающегося за счет размыва воздымающихся внутриконтинентальных районов. Островодужная система на большей ее части была энсиматической, выдвинутой далеко на восток, так что ее пирокластика не могла внести заметный вклад в накопление приконтинентальных турбидитов. Лишь на юге, где вулканическая дуга

подходила к окраине континента, ее влияние отмечается повышенным содержанием клинопироксена в континентальных отложениях формации Ильджин бассейна Кенсан. Готерив-барремские флювиальные отложения террейна С. Чичибу формировались, по-видимому, на фоне сдвиговых перемещений, происходивших вдоль континентальной окраины южнее ее стыка с островодужной системой. Субдукция в этом месте была, по-видимому, закинута блоком аномальной океанической литосферы в ходе валанжин-готеривского кризиса (рис. 4). Севернее субдукция также происходила не без затруднений, что отразилось, например, в том, что на северном участке системы островных дуг (Нижнеамурский фрагмент) вулканическая активность завершилась раньше (в барреме), чем на юге (в аптеальбе?).

Апт-альбская геодинамическая ситуация представляется еще более сложной. В это время на севере региона действовала Хинган-Охотская активная континентальная окраина, к которой с юга по субмеридиональным сдвигам приближались Сихотэ-Алиньские террейны [7,8,29] и фрагменты раздробленной системы валанжин/готерив-аптских дуг [12]. Эти движения сопровождались локальными коллизиями, на что указывают проявления кислого высокоглиноземистого магматизма и производные от него гранат-цирконовые ассоциации тяжелых обломочных минералов. На континентальной окраине и прилегающей глубоководной части моря накапливались богатые цирконом осадки, в том числе турбидиты. В то же время где-то на юго-востоке происходили косая субдукция и связанная с ней вулканическая активность, о чем свидетельствуют фрагменты апт-альбских дуг Кемского террейна на Сихотэ-Алине и района Сасаяма в Японии. Во фронтальных зонах этих дуг и Хинган-Охотской окраины формировались аккреционные призмы. Из-за недостатка данных трудно представить общую картину этого сложнейшего сочетания обстановок. Поэтому в данной работе мы уклоняемся от графического изображения геодинамики апт-альбского времени даже в виде гипотетической схемы, подобной приведенным на рис. 4 для юры-валанжина и готерив-апта. Единственное, что можно отметить, это что регион продолжал быть областью косого схождения плит, которое компенсировалось субдукцией и сдвигами и затруднялось многочисленными локальными коллизиями. Аптская перестройка могла быть вызвана поглощением в зоне субдукции аномального блока океанической литосферы на юге (происходившим постепенно на протяжении готерив-аптского времени) или его аккрецированием к континенту и перескоком субдукции на новое место.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суммируя приведенные выше факты и рассуждения, приходишь к выводу о том, что юрско-раннемеловая эволюция в регионе шла по пути усложнения. Со временем граница плит становилась все более неправильной, изрезанной, эшелонированной, сочетающей все больше и больше различных обстановок - коллизии различного масштаба и характера, связанные с зонами субдукции, там соседствовали с пассивной континентальной окраиной в тылу островной дуги. Однако все эти обстановки существовали на фоне косого схождения плит, так что на всех этапах развития левосторонние сдвиги играли существенную роль в эволюции континентальной окраины. Усложнение общей геодинамической обстановки трудно связать с чем-нибудь иным, кроме столкновений между аномальными блоками субдуцируемой литосферы и континентальной окраиной. Это в свою очередь означает, что литосфера западной Палеопацифики в раннемеловое время была отличной от ныне существующей в восточной (кайнозойской) части Тихоокеанской плиты. Западная Палеопацифика была не такой "простой и гладкой" - она изобиловала микроконтинентами (?) и различными внутриокеаническими поднятиями, возможно даже в большей степени, чем та, что сейчас располагается в западной (мезозойской) части Тихого океана. Таким образом, мы подтверждаем заключение, сделанное нами ранее по результатам изучения тяжелых минералов в палео-океанических отложениях (пермских и триасово-юрских плитчатых кремнях) из Самаркинского и Таухинского террейнов Сихотэ-Алиня [34].

Данная работа была выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 96-05-64388) и проекта "Состав песчаников и тектоника Восточно-Азиатского подвижного пояса (Sandstone composition and tectonics of Eastern Asian Mobile Belt)" (лидер - проф. Ф. Кумон, Национальный университет г. Шиншю), финансируемого Японским правительством.

Авторы выражают глубокую признательность В.И. Тихоновой, И.В. Смирновой и П.Д. Гасановой (сотрудникам лаборатории седиментологии Дальневосточного геологического института) за пробоподготовку и минералогические анализы, выполненные ими на высоком профессиональном уровне. Мы признательны также многочисленным японским коллегам, которые помогали первому автору статьи в полевых исследованиях и участвовали в обсуждении проблем геологии юго-западной Японии. Научные сотрудники ДВГИ В.В. Голозубов, П.В. Маркевич, В.П. Симаненко, А.Н. Филиппов и А.И. Ханчук, которые, несмотря на

расхождения во взглядах по многим проблемам, доброжелательно консультировали нас по вопросам региональной и общей геологии, за что мы им искренне благодарны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеева Е.М. Минералогия и петрография меловых отложений южного Приморья // Материалы по стратиграфии и литологии мезозойских отложений Дальнего Востока. Тр. Дальневост. фил. СО АН СССР. Магадан, 1960. Сер. Геол. Т. VI. С. 59-123.
2. Геосинклинальный литогенез на границе континент-океан. М.: Наука, 1987. 177 с.
3. Говоров Г.И., Высоцкий С.В., Бойко С.А. Первая находка бонинитов на острове Сахалин // Доклады РАН. 1993. Т. 331. С. 709-712.
4. Голозубов В.В., Ханчук А.И. Таухинский и Журавлевский террейны Южного Сихотэ-Алиня - фрагменты ранне-меловой Тихоокеанской окраины Азии // Тихоокеан. геология. 1995. № 2. С. 13-25.
5. Маркевич П.В. Нижнемеловые флишевые формации Восточного Сихотэ-Алиня. Владивосток, 1970. 114 с.
6. Маркевич П.В., Филиппов А.Н., Малиновский А.И., Зябрев С.В., Нечаев В.П., Высоцкий С.В. // Меловые вулканогенно-осадочные образования Нижнего Приамурья. (Строение, состав и обстановки седиментации). Владивосток: Дальнаука, 1997. 300 с.
7. Натальин Б.А. Мезозойская аккреционная и коллизионная тектоника юга Дальнего Востока СССР // Тихоокеан. геология. 1991. № 5. С. 3-23.
8. Натальин Б.А., Фор М. Геодинамика восточной окраины Азии в мезозое // Тихоокеан. геология. 1991. № 6. С. 3-24.
9. Нечаев В.П. Современное геосинклинальное осадконакопление и вулканизм Филиппинского моря // Геосинклинальный литогенез на границе континент-океан. М.: Наука, 1987. С. 135-167.
10. Нечаев В.П. Кайнозойские геодинамические обстановки дна Тихого океана по ассоциациям тяжелых обломочных минералов: Дис. ... д. геол.-минер. наук в форме науч. докл. Владивосток, 1991. 26 с.
11. Нечаев В.П., Деркачев А.Н. Особенности осадконакопления // Тихоокеанская окраина Азии. Геология. М., 1989. С. 50-66.
12. Нечаев В.П., Маркевич П.В., Малиновский А.И., Филиппов А.Н., Высоцкий С.В. Геодинамические обстановки накопления меловых отложений Нижнего Приамурья по ассоциациям тяжелых минералов // Тихоокеан. геология. 1996. № 3. С. 14-24.
13. Пискунов Б.Н., Хведчук И.М. Новые данные о составе и возрасте отложений острова Монерон (северная часть Японского моря) // Докл. АН СССР. 1976. Т. 226, № 3. С. 647-650.
14. Симаненко В.П. Позднемезозойские вулканические дуги Восточного Сихотэ-Алиня и Сахалина // Тихоокеан. геология. 1986. N 1. С. 7-13.
15. Симаненко В.П., Говоров И.Н., Хетчиков Л.Н., Гоневчук В.Г., Герасимов Н.С. Меловые гранитоиды Центрального Сихотэ-Алиня (интрузивные комплексы и серии, их геодинамическая позиция и происхождение) // Тихоокеан. геология. 1997. № 5.
16. Уткин В.П. Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. М.: Наука, 1989. 164 с.
17. Уткин В.П. Горст-аккреционные системы, рифто-грабены и вулканические пояса юга Дальнего Востока России // Тихоокеан. геология. 1996. № 6. С. 44-72.
18. Addicott W.O., Richard P.W. Plate-tectonic map of the Circum-Pacific Region. Pacific Basin sheet. The American Association of Petroleum Geologists. 1984. Tulsa, Oklahoma, USA.
19. Chappell B.W., White A.J.R. Two contrasting granite types // Pacific geology. 1974. V. 8. P. 173-174.
20. Harris N.B.W., Pearce J.A., Tindl A.G. Geochemical characteristics of collision zone magmatism // M.P. Coward, A.C. Ries (Eds.) Collision tectonics. Geol. Soc. London, Spec. publ. 1987. № 19. P. 67-81.
21. Hisada K., Arai S. Detrital chrome spinels in the Cretaceous Sanchu sandstone, central Japan: indicator of serpentinite protrusion into a fore-arc region // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 1993. V. 105. P. 95-109.
22. Hisada K., Arai S. Serpentinite protruded into fore-arc region: implications of detrital chromian spinels in Cretaceous sandstones of the Kanto Mountains, Japan // Proceedings of 29th International Geological Congress. Part A. 1994. P. 153-164.
23. Hisada K., Arai S., Negoro A., Maruyama T. Cretaceous serpentinite protrusion along eastern border of Asian continent deduced from detrital chromian spinels // Proceedings of 15th International Symposium of Kyungpook National University. 1995. P. 161-176.
24. Ikeda I., Komatsu M. Early Cretaceous volcanic rocks of Rebun Island, north Hokkaido, Japan // Monograph Assoc. Geol. Collab. Japan. 1986. № 31. P. 51-62 (in Japanese, Abstract in English).
25. Lee D.-S. (Ed.) Geology of Korea. Geological Society of Korea. Kyohak-Sa. 1987. 514 p.
26. Lee Y.T. Sedimentology and petrology of Cretaceous sandstones in the northeastern part of Kyongsang basin, southeast Korea // Thesis for the degree of Doctor of Science. The Graduate School Council, Kyungpook National University. 1995. 168 p.
27. Maruyama S., Liou J.G., Seno T. Mesozoic and Cenozoic evolution of Asia // Ben-Avracham (Ed.) The evolution of the Pacific Ocean margin. Oxford University Press, New York. 1989. P. 75-89.
28. Mori K., Okami K., Ehiro M. Paleozoic and Mesozoic sequences in the Kitakami Mountains // 29th IGC Field Trip A05. 1992. P. 81-90.
29. Natal'in B. History and modes of Mesozoic accretion in Southeastern Russia // The Island Arc, 1993. V. 2. P. 15-35.
30. Nechaev, V.P. Evolution of the Philippine and Japan Seas from the clastic sediment record // Marine Geology. 1991. V. 97. P. 167-190.
31. Nechaev, V.P. Heavy minerals for basin analysis // 30th International Geological Congress. Abstracts. Beijing, China. 1996. V. 1. P. 323.
32. Nechaev, V.P., Derkachev, A.N. Heavy-Mineral Assemblages in Quaternary Sediments of the Philippine Sea as

- Indicators of Subduction/Collision-Related Tectonics. In: H. Tokuyama, S.A. Shcheka and others (Eds.) *Geology and Geophysics of the Philippine Sea Floor*. TERRAPUB, Tokyo, Japan. 1995. P.215-233.
33. Nechaev, V.P. and Isphording, W.C. Heavy-mineral assemblages of continental margins as indicators of plate-tectonic environments // *Journal of Sedimentary Petrology*. 1993. V.63. №6. P.1110-1117.
 34. Nechaev, V.P., Philippov, A.N., Panasenko, E.S., Khanchuk, A.I., and Vysotskiy, S.V. Heavy clastic minerals in Upper Paleozoic-Lower Mesozoic bedded cherts of the Sikhote-Alin terranes, Russian Far East (first attempt of study) // J.M. Dickins et al. (Eds.) *Late Paleozoic and Early Mesozoic Circum-Pacific bio geological events*. Memoire de Geologie, Lausanne. В печати.
 35. Niida K., Kito N. Cretaceous arc-trench systems in Hokkaido // *Monograph Assoc. Geol. Collab. Japan*. 1986. № 31. P.379-402 (in Japanese, Abstract in English).
 36. Parfenov L.M., Voinova I.P., Natal'in B.A., Semenov D.F. Geodynamics of North-Eastern Asia in Mesozoic and Cenozoic time and the nature of volcanic belts // *Journal of Physical Earth*. 1978. V. 26 (Suppl.). P.503-525.
 37. Pre-Cretaceous terranes of Japan. Publication of IGCP No. 224. 1990. 413 p.
 38. White A.J.R., Chappell B.W. Ultrametamorphism and granitoid genesis // *Tectonophysics*. 1979. V.43. № 1. P.7-22.
 39. Xu J., Zhu G., Tong W., Cui K., Liu Q. Formation and evolution of the Tancheng-Lujiang wrench faults system: a major shear system to the northwest of the Pacific ocean // *Tectonophysics*. 1984. V.134. P.273-310.
 40. Zhang Z.M., Liou J.G., Coleman R.G. An outline of the plate tectonics of China // *Geological Society of America Bulletin*. 1984. V.95. P.295-312.

Поступила в редакцию 12 августа 1997 г.

V.P.Nechaev, M.Musashino, Dong Woo Lee

Jurassic-Lower Cretaceous geodynamic evolution of Asia's eastern margin: reconstruction on the variability of heavy minerals of sedimentary rocks

The paper summarizes the data available on heavy minerals of sedimentary rocks from the circum-Sea-of-Japan region in order to elucidate most discussible aspects in formation of its geological structure. For this, the data on the Lower Amur, Samarka, Taukha, Zhuravlevka and Sergeevka terranes of Sikhote-Alin and the northeastern Kyongsang basin of South Korea, all from literature, are used in addition to the original data on the Ultra-Tamba, Shimanto, Southern and Northern Chichibu terranes of the South-Western Japan. As a result of an actualistic interpretation of the data collected, we confirm the previous conclusion that tectonic situation of the region was controlled by an oblique convergence of the oceanic and continental plates permanently in the Jurassic - Early Cretaceous time. During the Jurassic-Valanginian, accretionary prisms formed on the continental margin. A very slow and oblique (not arising the volcanism) subduction associated with some local collisions is suggested to be a major mechanism of the accretionary wedge formation. This setting was possible because the continental margin was situated behind the ensimatic arcs subduction beneath which partly compensated the plate convergence. In the Valanginian/Hauterivian time, a collision between an abnormal block of oceanic lithosphere and the magmatic arc occurred somewhere in the southern part of the region. This crisis led to a significant complication of the plate boundary. The continental margin that extended relatively simple and straight in the Jurassic-Valanginian period was segmented by sinistral strike-slip faults. There appeared a new system of island arcs behind which thick piles of turbidite were accumulated. During the Barremian-Albian, a geodynamic system of the margin became still more complicated because of numerous collisions in zones of subduction and strike-slip faults. However it kept to be controlled by an oblique plate convergence regionally.