

УДК [552.14:551.242.22] (571.64)

## ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЛОВЫХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНО-САХАЛИНСКОГО ТЕРРЕЙНА

© 2015 г. А. И. Малиновский, В. В. Голозубов, С. А. Касаткин

Представлено академиком РАН Ханчуком 11.11.2014 г.

Поступило 01.12.2014 г.

На основании анализа и интерпретации результатов изучения вещественного состава терригенных пород устанавливаются источники питания и обстановки формирования меловых отложений Западно-Сахалинского террейна. Седиментация происходила вдоль границы континент–океан на фоне крупномасштабных левосторонних трансформных скольжений плиты Изанаги относительно Евро-Азиатского континента при малой роли вулканических процессов. Основным источником вещества была энсиалическая островная дуга, а также гранитно-метаморфические породы зрелой континентальной окраины и фрагменты древних аккреционных призм, в строении которых участвовали офиолиты и кремни.

DOI: 10.7868/S0869565215210173

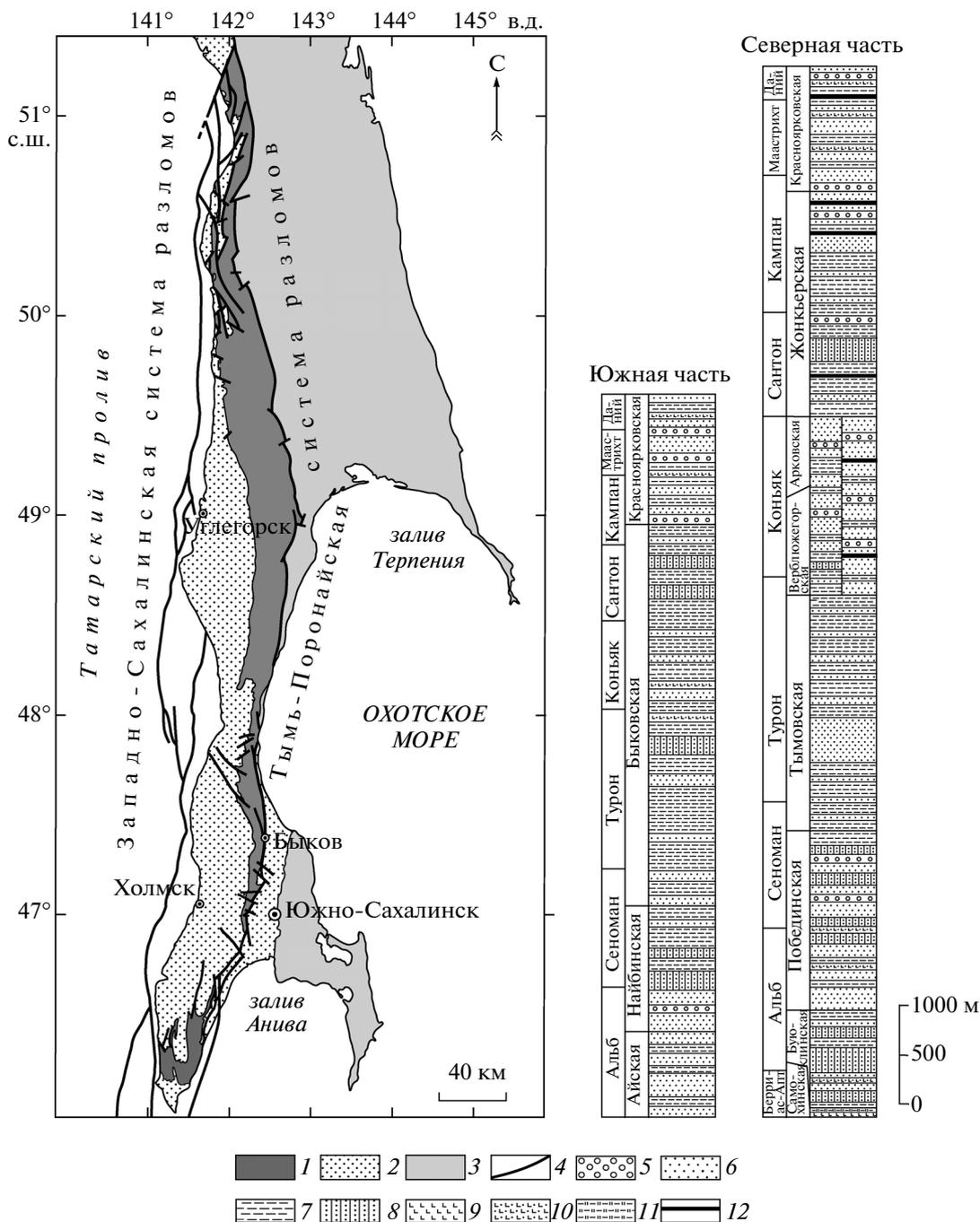
Одна из важнейших фундаментальных проблем современной геологии – выяснение палеогеографических, палеогеодинамических обстановок формирования и эволюции осадочных бассейнов, фрагменты которых, в частности, устанавливаются в террейнах древних орогенных поясов, аккрецированных к восточной окраине континента Евразия. Особое внимание привлекают террейны, представляющие собой фрагменты турбидитовых бассейнов, имеющих различное происхождение и геодинамическая типизация которых соответственно затруднена [1, 2]. Пример террейна такого типа – мел-кайнозойский Западно-Сахалинский, образованный толщами осадочных и вулканоогенно-осадочных пород общей мощностью до 17000 м.

Террейн протягивается полосой шириной до 70 км вдоль побережья Татарского пролива на 650 км. Его границы – Западно-Сахалинская, Тымь-Поронайская системы разломов (рис. 1). Объектами изучения были альб-датские в различной степени дислоцированные отложения мощностью до 9000 м, среди которых широко развиты турбидиты, а также горизонты алевролитов, песчаников, гравелитов, конгломератов [3]. Многочисленными исследованиями ([4, 5] и др.) уста-

новлено, что разрезы мела южной и северной частей террейна значительно различаются по мощностям и обстановкам осадконакопления. Отложения южной части (рис. 1) представлены преимущественно тонкообломочными терригенными образованиями (алевролиты и менее песчаники), объединенными в айскую, найбинскую, быковскую, красноярковскую свиты. В основании разреза отложений северной части залегает берриас-альбская вулканогенно-кремнистая самохинская толща, формировавшаяся на различных участках океанической плиты [5]. Альб-датские терригенные отложения объединены в буюклинскую, побединскую, тымовскую, верблюжегорскую, арковскую, жонкьерскую, красноярковскую свиты. В их разрезах значительно увеличивается роль песчаных пород и присутствуют многочисленные пачки ритмичного строения. Следует отметить минимальное влияние на процессы осадконакопления конседиментационного андезито-базальтового вулканизма, который фиксируется главным образом на сеноманском и маастрихтском уровнях разреза.

Особенности строения разрезов меловых отложений террейна свидетельствуют о накоплении осадков в морских обстановках – мелководных и значительно более глубоководных. О мелководности обстановок свидетельствуют текстурные особенности отложений, грубообломочные породы, остатки мелководной фауны, обильный растительный детрит, наблюдаемые переходы в континентальные угленосные отложения. Среди относитель-

Дальневосточный геологический институт  
Дальневосточного отделения  
Российской Академии наук, Владивосток  
E-mail: malinovsky@fegi.ru, mal44@mail.ru

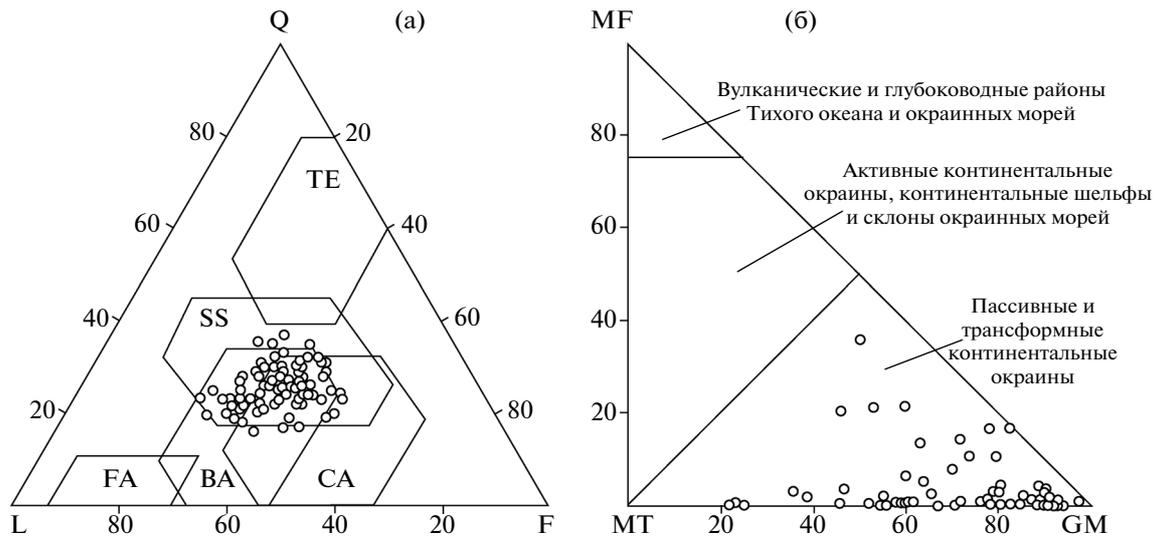


**Рис. 1.** Схематическая геологическая карта Западно-Сахалинского террейна и литолого-стратиграфические колонки его южной и северной частей.

Карта: 1 – меловые терригенные образования, 2 – палеоцен-плиоценовые терригенные и вулканогенные образования, 3 – террейны и перекрывающие комплексы Восточного Сахалина, 4 – разломы. Колонки: 5 – конгломераты, гравелиты, 6 – песчаники, 7 – алевролиты, аргиллиты, 8 – ритмичное переслаивание песчаников и алевролитов, 9 – базальты, 10 – туфы, туффиты, 11 – кремнистые, кремнисто-глинистые породы, 12 – угли.

но глубоководных отложений выделяются толщи двух типов [5]: 1) глубоководных илов, накапливавшихся в относительно спокойных условиях бассейновой равнины и нижней части континентального склона; 2) турбидитов, обладающих всеми харак-

терными для них признаками. Турбидиты нередко ассоциируют с конгломератами, гравелитами, грубозернистыми песчаниками, формировавшимися высокоплотностными зерновыми и дебризными потоками. Такой генетический набор отложений



**Рис. 2.** Геодинамическая интерпретация состава породообразующих компонентов (а) и тяжелых минералов (б) песчаников Западно-Сахалинского террейна.

а – типы бассейновых обстановок. Бассейны пассивных континентальных окраин (ТЕ); бассейны активных континентальных окраин: осложненные сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам (SS), сопряженные с окраинно-континентальной магматической дугой (СА), с океанической вулканической дугой (FA – преддуговые, ВА – задуговые). Q – кварц, L – обломки пород, F – полевые шпаты.

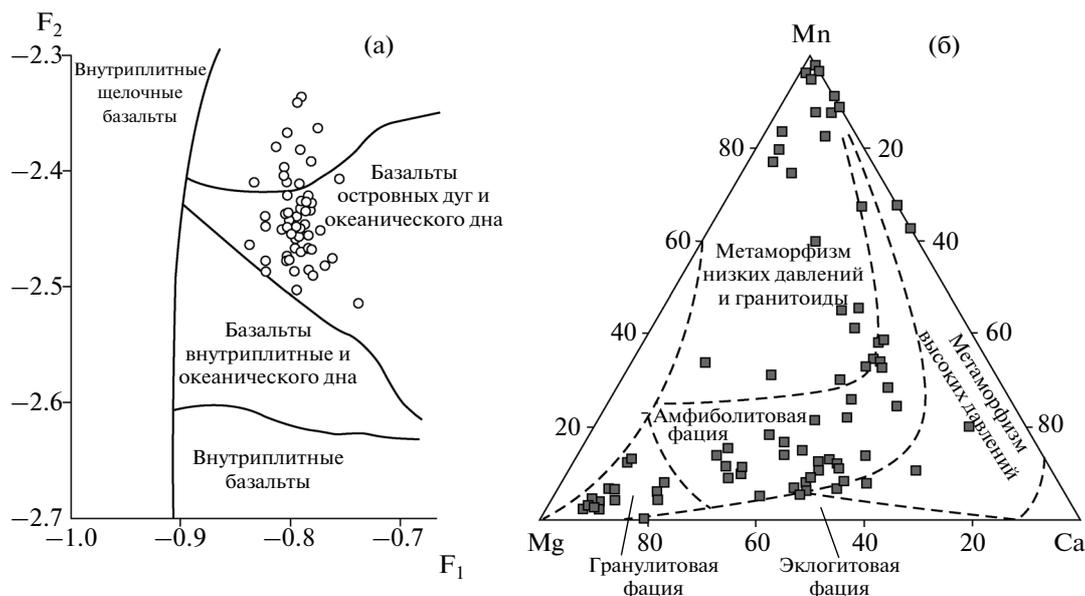
б – ассоциации тяжелых минералов. Суммы содержаний: MF – оливина, орто-, клинопироксенов, зеленой роговой обманки; MT – эпидота, граната, сине-зеленых амфиболов; GM – циркона, турмалина, ставролита, дистена, силлиманита, андалузита.

предполагает их накопление в широком спектре обстановок подводного континентального склона, его подножья и на прилегающих участках бассейновой равнины. Основными агентами транспортировки и отложения обломочного материала были гравитационные потоки различной плотности, состава и происхождения. Полученные данные свидетельствуют о восточном направлении транспортировки кластики [5].

Относительно палеотектонической обстановки формирования меловых отложений террейна существуют разнообразные точки зрения. Террейн рассматривали как фрагмент краевой части Охотоморской плиты [6], аналог глубоководного желоба [7], фрагмент преддугового прогиба для Монероно-Самаргинской островной дуги [5, 8]. По нашему мнению, модели, предусматривающие седиментацию в пределах одной из зон активных окраин [5–8], для рассматриваемой ситуации маловероятны. Для разрезов мела Западно-Сахалинского террейна характерны крайне малая роль конседиментационного вулканизма, отсутствие структурных, текстурных признаков, которые позволили бы отнести эти образования к надсубдукционным аккреционным призмам. С перечисленными особенностями состава преимущественно позднемеловых отложений Западно-Сахалинского террейна резко контрастируют замещающие их по латерали наземные вулканиты Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса, фиксирующие

активную окраину Андийского типа [1, 2]. С учетом этих обстоятельств, а также имеющихся данных о характере динамо-кинематических соотношений континентальной и океанической плит в меловое время, высказано предположение о формировании отложений Западно-Сахалинского террейна на участке окраины, где субдукция сменялась скольжением океанической плиты относительно края континента [2]. Цель нашей публикации – проверить это предположение на основе анализа и интерпретации результатов изучения вещественного состава терригенных пород.

Для определения состава областей питания и выяснения палеогеодинамических обстановок формирования отложений Западно-Сахалинского седиментационного бассейна исследовали вещественный состав песчаных и глинисто-алевритовых пород. По породообразующим компонентам песчаники террейна – кварц-полевошпатовые, полевошпатово-кварцевые граувакки. Кварца в породах не более 40%, полевых шпатов до 60%, среди обломков преобладают кремнистые, терригенные, эффузивные породы, более редки кварциты, слюдистые сланцы. Палеогеодинамическая интерпретация состава породообразующих компонентов на диаграмме Q–L–F [9] (рис. 2а) свидетельствует, что осадконакопление происходило на активной континентальной окраине в бассейне, связанном с крупными сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам. Область же питания



**Рис. 3.** Дискриминационные диаграммы составов (а) клинопироксенов и (б) гранатов из песчаников Западно-Сахалинского террейна и их вероятных источников.

$F_1 = 0.012 \cdot \text{SiO}_2 - 0.0807 \cdot \text{TiO}_2 + 0.0026 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - 0.0012 \cdot \text{FeO} - 0.0026 \cdot \text{MnO} + 0.0087 \cdot \text{MgO} - 0.0128 \cdot \text{CaO} - 0.0419 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ ;  $F_2 = -0.0496 \cdot \text{SiO}_2 - 0.0818 \cdot \text{TiO}_2 - 0.02126 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - 0.0041 \cdot \text{FeO} - 0.1435 \cdot \text{MnO} - 0.0029 \cdot \text{MgO} - 0.0085 \cdot \text{CaO} + 0.0160 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ .

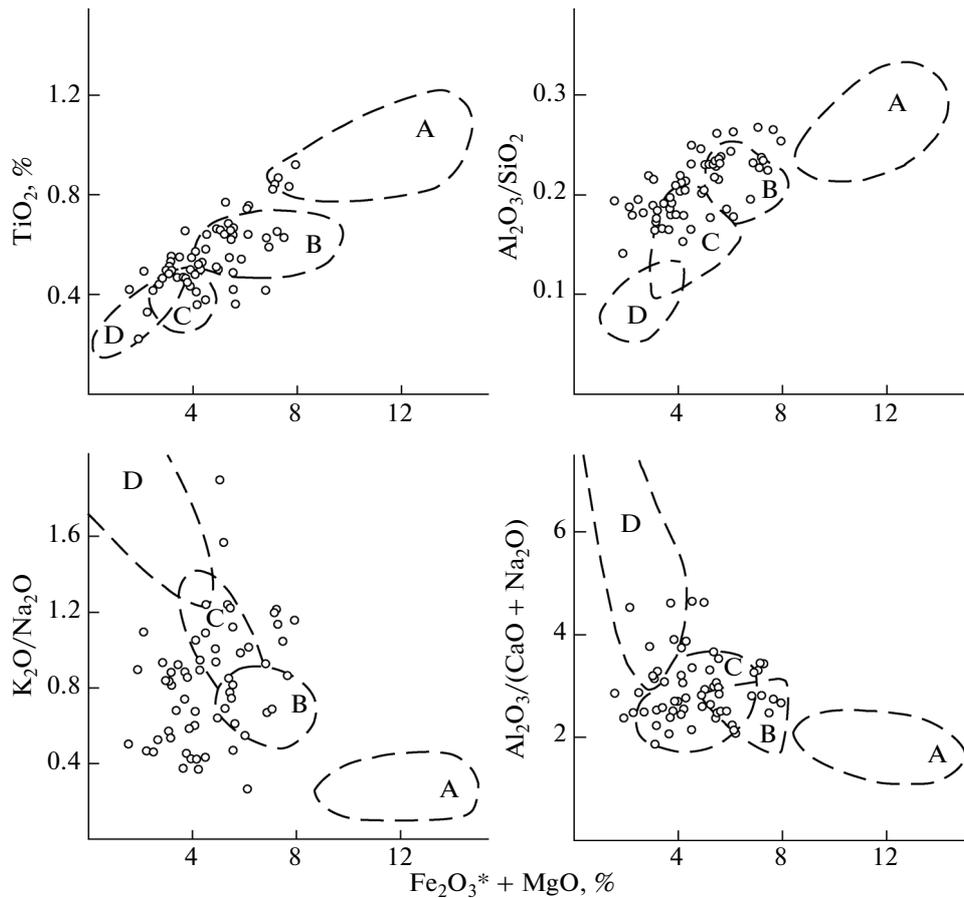
совмещала в себе сиалическую сушу и зрелую глубоко эродированную энсиалическую островную дугу, в которой эрозия достигла полнокристаллических батолитов, подстилающих вулканиты.

Известно, что различным тектоническим обстановкам седиментации свойственны свои ассоциации тяжелых минералов. Все тяжелые обломочные минералы песчаников Западно-Сахалинского террейна с известной долей условности можно разделить на две ассоциации. В преобладающую сиалическую (в отдельных пробах до 90% всех минералов) входят типичные гранитно-метаморфические минералы, %: циркон (до 80), гранат (до 40), турмалин (до 25), апатит (до 20), сфен (до 4). В фемическую ассоциацию, находящуюся в подчиненном количестве (до 55%), входят минералы вулканокластики, %: орто- (до 4), клинопироксены (до 50), роговая обманка (до 30), хромит (до 35), магнетит (до 35). Анализ ассоциаций тяжелых минералов на диаграмме MF–MT–GM [10] (рис. 2б) свидетельствует, что они формировались под влиянием двух главных источников сноса. Источником фемической ассоциации были вулканиты энсиалической островной дуги, а сиалической – гранитно-метаморфические породы фундамента этой дуги и (или) зрелой континентальной окраины.

Тип вулканических источников питания определяют по микрохимическому составу некоторых обломочных минералов. Клинопироксены из песчаников террейна на диаграмме [11] (рис. 3а)

соответствуют базальтам островных вулканических дуг и частично базальтам океанического дна, входящих в состав основания разреза террейна (самохинская толща [5]). Хромиты по содержанию Ti делятся на два типа: низкотитанистые ( $\text{TiO}_2 < 1\%$ ), источником которых могли быть магматические породы офиолитов, и высокотитанистые ( $\text{TiO}_2 > 1.5\%$ ), происходившие, вероятно, из щелочных внутриплитных базальтов. Гранаты по составу соответствуют в основном гранатам из метаморфических пород гранулитовой, амфиболитовой фаций и из кислых интрузивных пород [12] (рис. 3б).

По химическому составу западно-сахалинские песчаники довольно однородны и в целом относятся к грауваккам. Состав, %:  $\text{SiO}_2$  61.83–76.82,  $\text{TiO}_2$  0.42–0.72,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  12.28–16.67,  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  1.57–7.93,  $\text{MgO}$  0.65–2.94,  $\text{CaO}$  0.17–3.21,  $\text{Na}_2\text{O}$  2.04–4.13,  $\text{K}_2\text{O}$  0.89–3.67. Палеотектоническая интерпретация химического состава песчаников, приведенная на диаграммах [13] (рис. 4), предназначенных для разделения песчаников из бассейнов различных тектонических обстановок, свидетельствует о формировании песчаников в бассейне, связанном со сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам. Глинисто-алевритовые породы по химическому составу близки песчаникам, в них лишь несколько больше  $\text{Al}_2\text{O}_3$  13.33–19.23,  $\text{TiO}_2$  0.53–0.82,  $\text{K}_2\text{O}$  1.63–4.52, но меньше  $\text{SiO}_2$  59.28–68.58,  $\text{Na}_2\text{O}$  1.48–3.26%. Интерпрета-



**Рис. 4.** Геодинамическая интерпретация химического состава песчаных пород Западно-Сахалинского террейна. Поля песчаников из бассейнов, сопряженных: А – с океаническими, В – с континентальными островными дугами, С – с активными, D – с пассивными континентальными окраинами.  $Fe_2O_3^*$  –  $Fe_{общ}$ .

ция химического состава глинисто-алевритовых пород не противоречит сделанной по составу песчаников [3].

Таким образом, строение и вещественный состав терригенных пород Западно-Сахалинского террейна свидетельствуют, что в альб-датское время мощные толщи отложений, среди которых достаточно велика роль гравитационных образований, накапливались на шельфе, подводном континентальном склоне, у его подножия и на прилегающих участках бассейновой равнины. Седиментация происходила вдоль границы континент–океан на фоне крупномасштабных левосторонних трансформных скольжений плиты Изанаги относительно континента Евразия, при малой роли вулканических процессов. Область питания, поставлявшая обломочный материал в седиментационный бассейн террейна, вероятно, сочетала в себе сиалическую сушу, сложенную гранитно-метаморфическими и осадочными породами, и энсиматическую островную дугу, которой могла быть Монероно-Самаргинская дуга, аккрецированная к краю континента к моменту заложения этого

бассейна. Кроме того, в состав питающей провинции, вероятно, входили и фрагменты широко распространенных в Сихотэ-Алине юрских аккреционных призм, в строении которых участвовали офиолиты, кремни. Такой “смешанный” состав кластики, вероятно, является главным и характерным признаком седиментации в бассейнах, связанных с обстановкой скольжения литосферных плит, когда в область разрыва попадают краевые части континентов и ранее аккрецированные к ним фрагменты активных окраин [14].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12–05–00119-а и проекта ДВО РАН № 12–1–0–ОНЗ–07.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. 981 с.
2. Голозубов В.В. Тектоника юрских и нижнемеловых комплексов северо-западного обрамления Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2006. 239 с.

3. *Малиновский А.И.* Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории. Материалы VII Всероссийского литологического совещания. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2013. С. 223–226.
4. Опорный разрез меловых отложений Сахалина (Найбинский разрез) / Под ред. З.Н. Пояркова. Л.: Наука, 1987. 196 с.
5. *Зябрев С.В.* // ДАН. 1987. Т. 292. № 1. С. 168–171.
6. *Тютрин И.И., Дуничев В.М.* Тектоника и нефтегазоносность северо-западной части Тихоокеанского пояса. М.: Недра, 1985. 174 с.
7. *Меланхолина Е.Н.* Тектоника северо-западной Пацифики: соотношение структур океана и континентальной окраины // Тр. ГИН. 1988. В. 434. 216 с.
8. *Парфенов Л.М.* Континентальные окраины и островные дуги мезозоид Северо-Востока Азии. Новосибирск: Наука, 1984. 192 с.
9. *Maynard J.B., Valloni R., Yu H.S.* Trench-Forearc Geology: Sedimentation and Tectonics on Modern and Ancient Active Plate Margins. Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1982. P. 551–561.
10. *Nechaev V.P.* // Mar. Geol. 1991. V. 97. P. 167–190.
11. *Nisbet E.G., Pearce J.A.* // Contribs Mineral. and Petrol. 1977. V. 63. P. 149–160.
12. *Teraoka Y.* // Bull. Geol. Surv. Jap. 2003. V. 54. № 5/6. P. 171–192.
13. *Bhatia M.R.* // J. Geol. 1983. V. 91. № 6. P. 611–627.
14. *Малиновский А.И., Голозубов В.В.* // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30. № 5. С. 35–52.