

УДК [552.14:551.242.22] (571.64)

СОСТАВ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ПЕСЧАНИКОВ КАЙНОЗОЯ ЮГА ЗАПАДНО-САХАЛИНСКОГО ПРОГИБА**Малиновский А.И.***ФАНО ФГБУН «Дальневосточный геологический институт» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, e-mail: malinovskiy@fegi.ru*

Рассмотрен вещественный состав песчаников из кайнозойских отложений южной части Западно-Сахалинского прогиба. Были изучены породообразующие компоненты, тяжелые обломочные минералы (включая микрохимический состав некоторых минералов-индикаторов источников сноса) и валовый химический состав пород. Полученные результаты позволили определить состав питающих провинций и геодинамические обстановки формирования отложений этой части прогиба. В палеоцене – плиоцене мощные толщи отложений накапливались как в прибрежно-морских, так и в континентальных обстановках. Область питания, поставившая обломочный материал в седиментационный бассейн, вероятно, сочетала в себе сиалическую сушу, сложенную древними гранитно-метаморфическими и осадочными породами, и окраинно-континентальную магматическую дугу, аккрецированную к краю континента. На седиментацию постоянно оказывали влияние, особенно на некоторых уровнях разреза, активные вулканические процессы. Обстановки осадконакопления наиболее соответствуют бассейнам активных континентальных окраин, осложненных сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам.

Ключевые слова: Западно-Сахалинский прогиб, песчаники, тяжелые минералы, химический состав, геодинамические обстановки

COMPOSITION AND GEODYNAMIC NATURE OF THE CENOZOIC SANDSTONES IN THE SOUTH OF THE WEST SAKHALIN BASIN**Malinovskiy A.I.***Far East Geological Institute Far East Branch Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: malinovskiy@fegi.ru*

Sandstones from the Cenozoic sediments in the southern part of the West Sakhalin basin have been studied. The study included analyses of the ore-forming components, heavy detrital minerals (including microchemical composition of some minerals-indicators of source areas) and gross chemical composition of the rocks. The data obtained helped to define a composition of supply provinces as well as geodynamic settings of sedimentation in this part of the basin. Accumulation of thick series of sediments in the Paleocene-Pliocene occurred both at coastal marine and continental settings. A source area supplying detrital material into the sedimentary basin seems to represent a combination of the sialic land made up of ancient granite-metamorphic and sedimentary rocks and a continental volcanic arc accreted to the continental margin. Sedimentation was under the influence of constant active volcanic processes. Geodynamic setting most closely corresponds to basins of active continental margins complicated with dislocations along the transform faults.

Keywords: West Sakhalin basin, sandstones, heavy minerals, chemical composition, geodynamic settings

Изучение геологического строения о. Сахалин с его многочисленными месторождениями угля, нефти и газа проводится уже более 100 лет. Вместе с тем литологическая изученность отложений, в том числе кайнозойских, остается слабой. Проводились лишь литолого-фациальные исследования, по отдельным участкам давались некоторые палеогеографические реконструкции [1 и др.]. Вещественный же состав терригенных пород практически не изучен. Результатам изучения этого аспекта кайнозойских отложений прогиба, позволяющим достаточно достоверно выявить палеогеодинамические обстановки формирования бассейнов седиментации, посвящена данная публикация.

Объектами исследования были кайнозойские терригенные отложения южной части Западно-Сахалинского прогиба. Из-

учено более 20 разрезов, располагающихся в береговых обнажениях рек, на побережье Татарского пролива, а также вдоль автомобильных дорог. Для детальных исследований вещественного состава были выбраны песчаники, несущие наибольшую информацию о типе и составе питающих провинций, а также о геодинамических обстановках областей седиментации. Минерально-петрографический состав пород исследовался с помощью поляризационного микроскопа. Тяжелые минералы песчаников извлекались и определялись общепринятыми методами. Химический состав тяжелых минералов определен на рентгено-спектральном микроанализаторе JXA-8100. Содержание петрогенных элементов определялось с использованием атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой

на спектрометре iCAP 6500 Duo. Все анализы выполнены в лабораториях ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток).

Региональная геологическая позиция

Западно-Сахалинский прогиб располагается на территории Западно-Сахалинских гор и в акватории Татарского пролива. Границами его являются Западно-Сахалинская и Тымь-Поронайская системы разломов (рис. 1). Район изучения включает южную часть Западно-Сахалинского прогиба. Здесь обнажены в разной степени дислоцированные и хорошо датированные отложения палеоцена-плиоцена с размывом, но без углового несогласия, перекрывающие меловые терригенные отложения. Кайнозойские отложения общей мощностью свыше 12000 м представлены преимущественно терригенными породами: алевролитами, песчаниками, гравелитами, конгломератами, углями. Следует отметить значительное влияние на осадконакопление, особенно на отдельных уровнях разреза, синседиментационного вулканизма, выразившегося в накоплении горизонтов туфов, туффитов, а также в присутствии в терригенных породах примеси пирокластического материала. Отложения накапливались как в прибрежно-морских, так и в континентальных обстановках, о чем свидетельствуют текстурно-структурные особенности пород, присутствие в разрезе значительного количества грубо-обломочных образований, остатков мелководной фауны, обильного растительного детрита, а также на отдельных горизонтах, пластов угля.

Вещественный состав песчаных пород и его геодинамическая интерпретация

Песчаные породы во всех изученных свитах от мелко- до крупнозернистых и даже гравелистых. Сортировка довольно хорошая, но с увеличением размерности она ухудшается. Часто в песчаниках присутствуют рассеянные мелкие бесформенные обрывки и тонкие линзочки растительного детрита. Песчаные зерна обычно угловатые и угловато-окатанные, значительно реже окатанные.

По породообразующим компонентам песчаники кайнозоя Западно-Сахалинского прогиба относятся к полимиктовым. На классификационной диаграмме В.Д. Шутова [3] (рис. 2, а) они образуют единое поле и относятся к кварц-полевошпатовым и, редко, полевошпатово-кварцевым грауваккам. Среди обломков преобладают

кварц (до 36%), кислые плагиоклазы (до 56%), обломки кремнистых, эффузивных и терригенных пород (содержание их достигает 30–35%), более редки кислые магматические породы, кварциты и слюдяные сланцы. Часто в породах отмечается присутствие примеси пирокластического материала. Следовательно, можно предположить, что область питания была сложена древними кислыми интрузивными, терригенными и метаморфическими породами. Кроме того, на седиментацию заметное влияние оказывали синхронные вулканические процессы.

Палеогеодинамическая интерпретация состава породообразующих компонентов на диаграмме В. Диккинсона и К. Сучека [5] (рис. 2, б), предназначенной для выяснения тектонических типов источников питания, свидетельствует, что область питания для песчаников Западно-Сахалинского прогиба совмещала в себе сиалическую сушу и зрелую глубоко эродированную окраинно-континентальную магматическую дугу, в которой эрозия достигла полнокристаллических батолитов, подстилающих вулканиты. Геотектонические обстановки самих бассейнов седиментации, реконструируемые при помощи диаграммы Дж. Мейнарда и его соавторов [6] (рис. 2, в), могут быть отнесены к бассейнам активных континентальных окраин, осложненным сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам (SS), и, частично – бассейнам, связанным с окраинно-континентальными магматическими дугами (CA).

Известно, что различным тектоническим обстановкам седиментации свойственны свои ассоциации тяжелых обломочных минералов [7 и др.] Тяжелые минералы песчаников Западно-Сахалинского прогиба с известной долей условности разделяются на две примерно равнозначные минералогические ассоциации (рис. 3, а). В фемическую, в сумме достигающую 80% всех минералов, входят типичные представители вулканокластиков (орто- и клинопироксены, роговая обманка, хромит, магнетит, ильменит, лейкоксен), а в сиалическую, достигающую в отдельных пробах 88%, – минералы, характерные для гранитно-метаморфических пород (циркон, гранат, турмалин, эпидот, апатит, сфен, рутил). Главным среди этих минералов является циркон: в отдельных пробах его содержание поднимается до 70%.

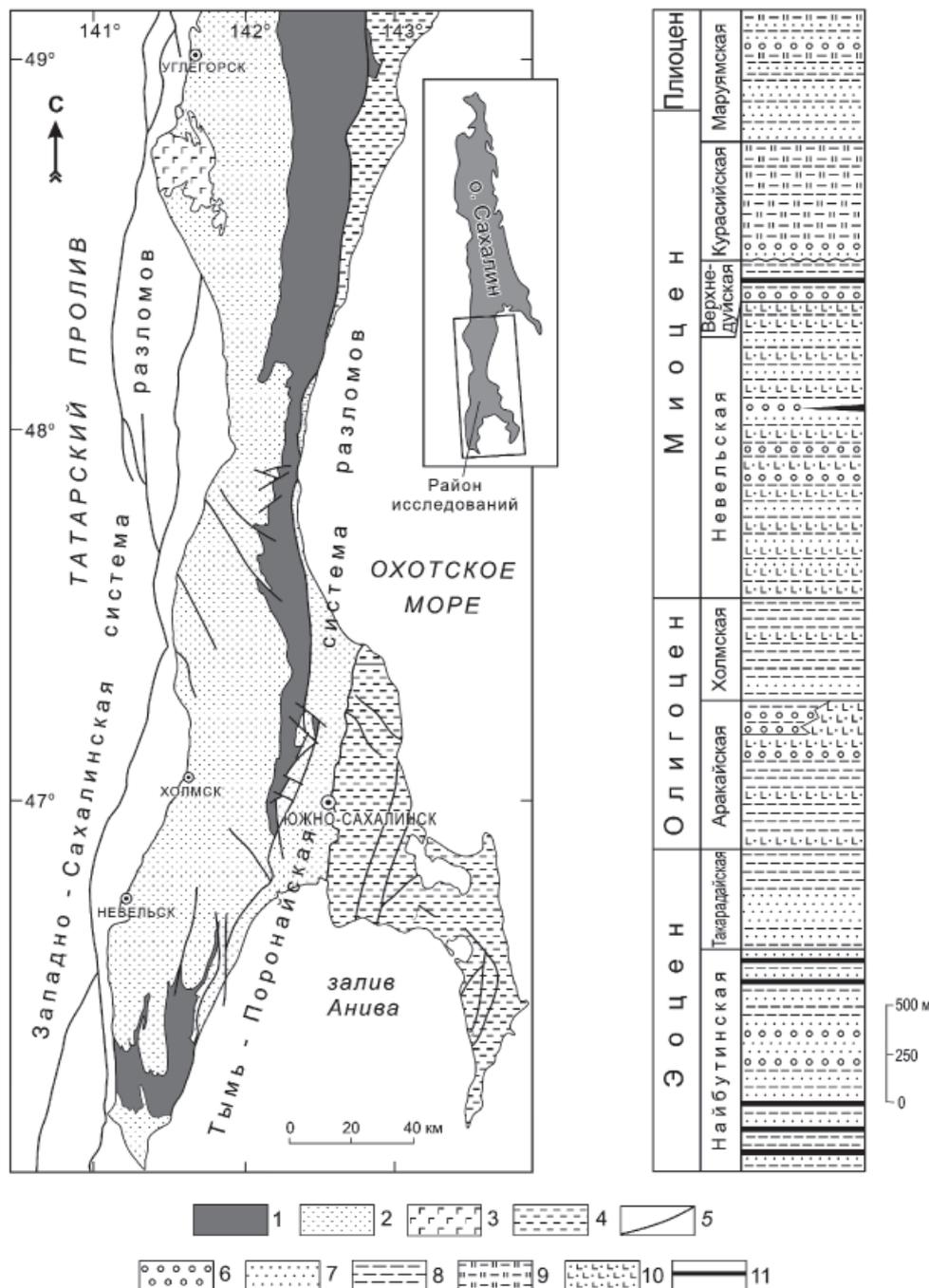


Рис. 1. Схематическая геологическая карта и стратиграфическая колонка кайнозойских отложений южной части Западно-Сахалинского прогиба. Для карты: 1 – меловые терригенные образования; 2 – палеоцен-плиоценовые терригенные и вулканогенные образования; 3 – плиоценовые базальты; 4 – мел-палеогеновые аккреционные комплексы Восточного Сахалина; 5 – разломы. Для колонок: 6 – конгломераты и гравелиты; 7 – песчаники; 8 – алевролиты и аргиллиты; 9 – опоки, кремнистые и кремнисто-глинистые породы; 10 – туфы и туффиты; 11 – угли

Анализ ассоциаций тяжелых минералов песчаников кайнозоя Западно-Сахалинского прогиба на диаграмме MF-MT-GM [7] (рис. 3, б), показывает, что накопление отло-

жений происходило в бассейне, связанном с обстановкой трансформного скольжения литосферных плит, при этом существовали два контрастных источника кластики:

фемическая ассоциация формировалась за счет размыва вулканитов энциалической (окраинно-континентальной) магматической дуги, а сиалическая – гранитно-метаморфических

пород фундамента этой дуги и (или) зрелой континентальной окраины. Кроме того, на накопление отложений в различной мере влияли и синхронные вулканические процессы.

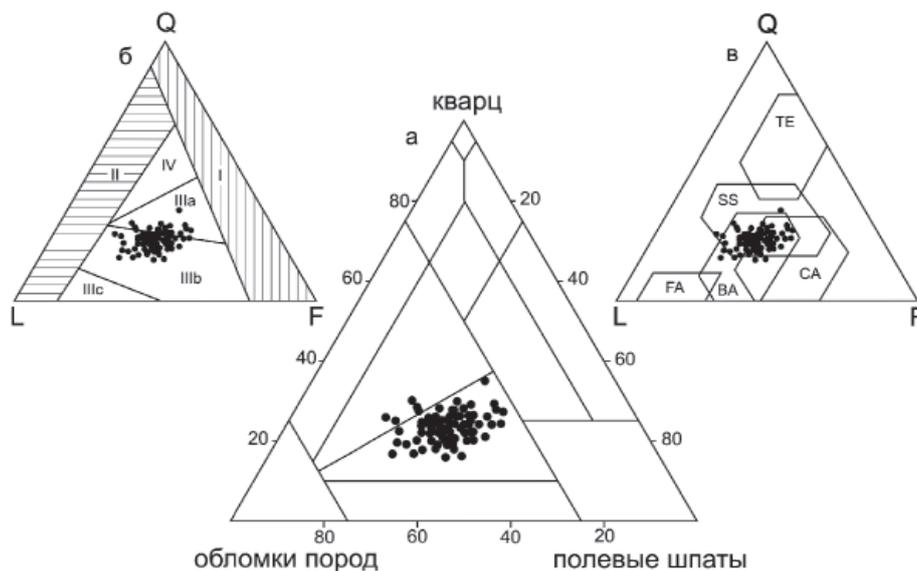


Рис. 2. Породообразующие компоненты песчаников из кайнозойских отложений южной части Западно-Сахалинского прогиба (а) и их палеогеодинамическая интерпретация (б):

а – классификационная диаграмма типов пород [3]; б – типы источников питания [5].

I – устойчивые кратоны и поднятые блоки основания, II – ремобилизованные орогены, III – магматические дуги (IIIa – расчлененные, глубоко эродированные, IIIb – переходные, IIIc – нерасчлененные, слабо эродированные), IV – смешанные источники питания;

в – типы бассейновых обстановок [6]. Бассейны пассивных континентальных окраин (TE); бассейны активных континентальных окраин, сопряженные: со сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам (SS), с окраинно-континентальной магматической дугой (CA), с океанической вулканической дугой (FA – преддуговые, BA – задуговые).

Q – кварц, L – обломки пород, F – полевые шпаты

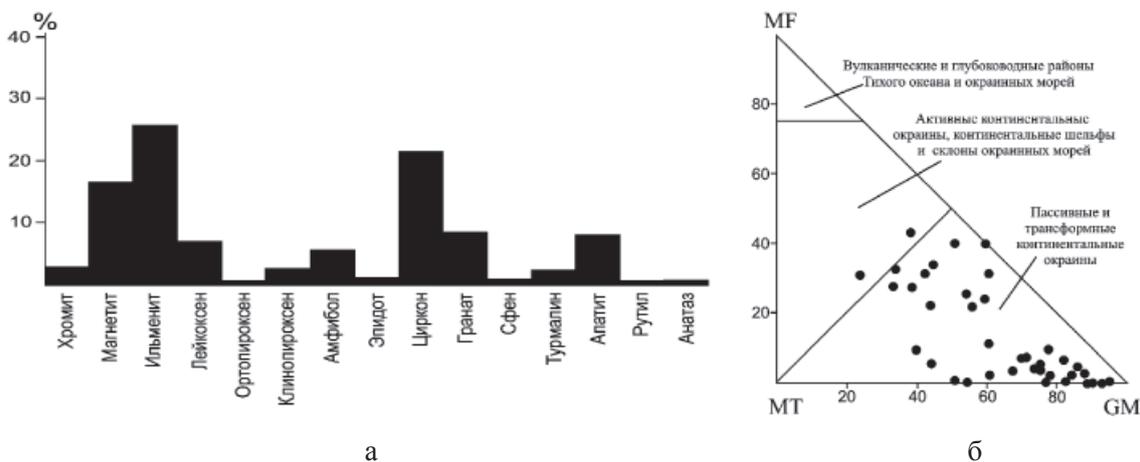


Рис. 3. Состав и распределение тяжелых обломочных минералов в песчаных породах южной части Западно-Сахалинского прогиба (средние содержания) (а) и их сравнение с современными осадками из различных геодинамических обстановок [7] (б).

Суммы содержаний: MF – оливина, пироксенов, зеленой роговой обманки; MT – эпидота, граната, сине-зеленых амфиболов; GM – циркона, турмалина, ставролита, дистена, силлиманита и андалузита

Микрохимические особенности некоторых тяжелых минералов несут важную информацию, позволяющую определить геологическую природу питающих провинций и состав слагающих их пород. Клинопироксены из песчаников прогиба по составу соответствуют диопсиду, авгиту и, в меньшей мере, салиту. На диаграмме Е. Нисбета и Дж. Пирса [8] (рис. 4, а) большинство клинопироксенов соответствуют базальтам островных вулканических дуг и, частично, базальтам океанического дна. Хромиты по содержанию титана разделяются на два типа: низкотитанистые ($TiO_2 < 1\%$), источником которых могли быть магматические породы офиолитов, и высокотитанистые ($TiO_2 > 1,5\%$), происходившие, вероятно, из щелочных внутримитных базальтов. Гранаты по составу относятся главным образом к альмандину и лишь иногда содержат гроссуляровую либо спессартиновую составляющую. Они соответствуют в основном гранатам из пород низких степеней метаморфизма, а также из кислых изверженных пород [9] (рис. 4, б).

свитам колеблются незначительно: SiO_2 от 64,23 до 69,82%, TiO_2 – 0,49–0,68%, Al_2O_3 – 13,13–15,68%, $FeO + Fe_2O_3$ – 3,55–5,52%, CaO – 0,94–4,13%, MgO – 1,03–1,39%, Na_2O – 2,30–2,84%, K_2O – 1,99–2,81%. По этим геохимическим параметрам они компактно группируются в поле типичных граувакк (рис. 5, а) [2].

Палеотектоническая интерпретация химического состава песчаников приведена на диаграммах М. Бхатиа [4] (рис. 5, б), используемых для разделения песчаников из бассейнов различных тектонических обстановок. На них песчаники попадают либо приближаются к полям бассейнов, сопряженных с островными дугами, развитыми на зрелой континентальной коре, а также бассейнов активных континентальных окраин которые в понимании автора включают в себя и бассейны трансформных границ плит. Более определенно химический состав интерпретируется на диаграмме Б. Роузера и Р. Корша [10] (рис. 5, в). На ней изученные породы практически полностью

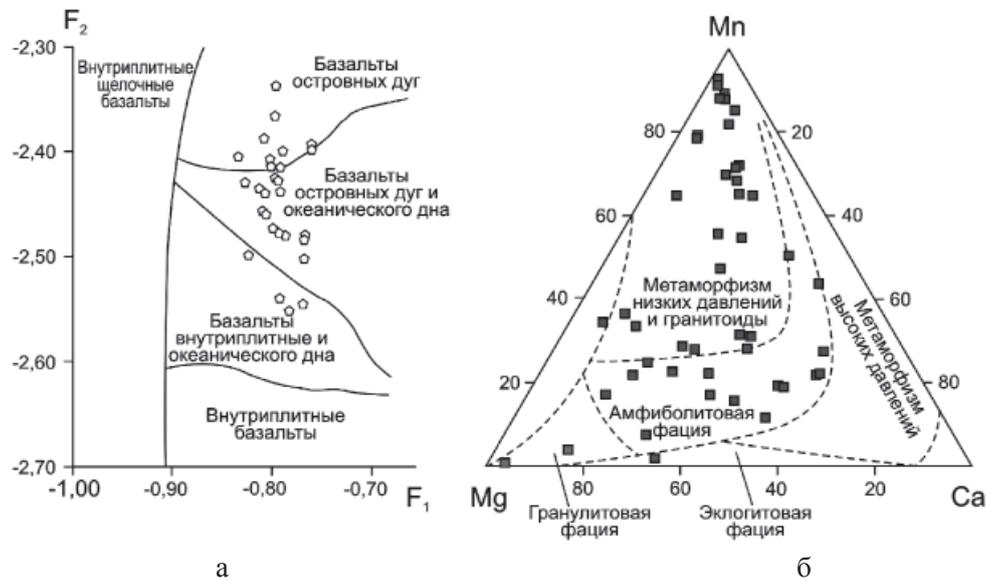


Рис. 4. Дискриминационные диаграммы составов (а) клинопироксенов [8] и (б) гранатов [9] из кайнозойских песчаников юга Западно-Сахалинского прогиба и их вероятных источников

$$F_1 = -0,012 \cdot SiO_2 - 0,0807 \cdot TiO_2 + 0,0026 \cdot Al_2O_3 - 0,0012 \cdot FeO - 0,0026 \cdot MnO + 0,0087 \cdot MgO - 0,0128 \cdot CaO - 0,0419 \cdot Na_2O; F_2 = -0,0496 \cdot SiO_2 - 0,0818 \cdot TiO_2 - 0,02126 \cdot Al_2O_3 - 0,0041 \cdot FeO - 0,1435 \cdot MnO - 0,0029 \cdot MgO - 0,0085 \cdot CaO + 0,0160 \cdot Na_2O.$$

По химическому составу западно-сахалинские песчаники довольно однородны – средние содержания оксидов по

падают в поле бассейнов активных континентальных окраин, в том числе осложненных сдвиговыми дислокациями.

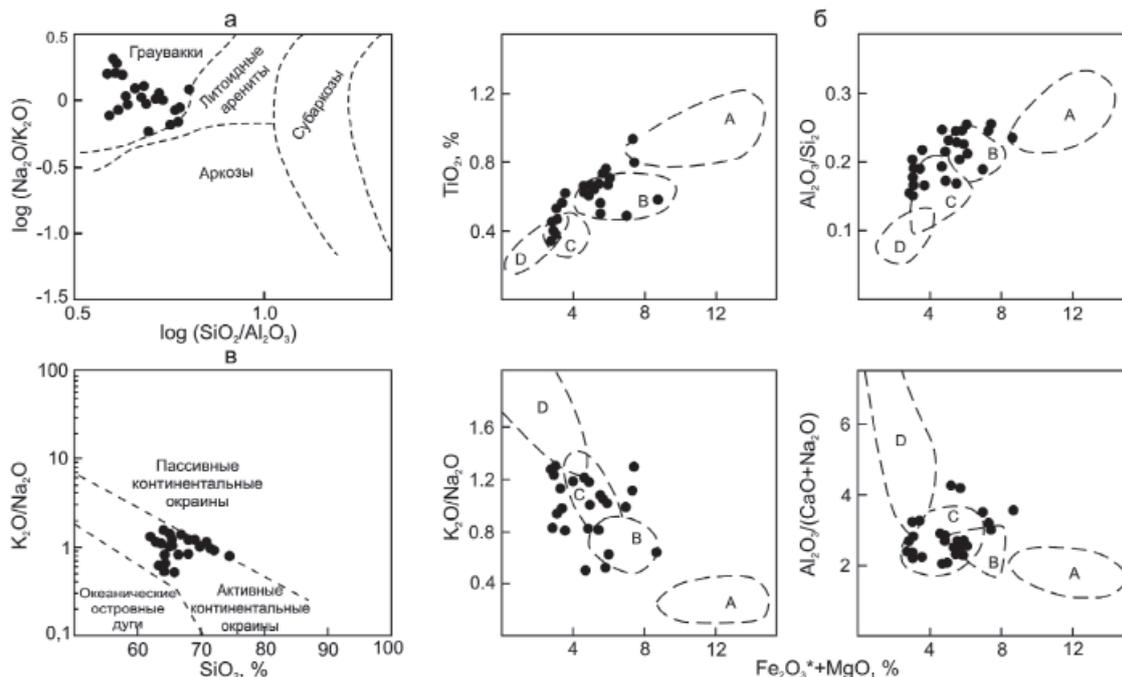


Рис. 5. Химический состав песчаных пород южной части Западно-Сахалинского прогиба (а) и его геодинамическая интерпретация (б и в): а – классификационная диаграмма состава песчаных пород [2]; б – типы бассейнов, сопряженных: А – с океаническими, В – с континентальными островными дугами, С – с активными, D – с пассивными континентальными окраинами [4]; в – бассейновые обстановки для песчаных пород [10]

Заключение

Для определения состава питающих провинций и геодинамического режима формирования отложений кайнозоя южной части Западно-Сахалинского прогиба были исследованы порообразующие компоненты, тяжелые обломочные минералы и химический состав развитых здесь песчаных пород. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в кайнозойское время мощные толщи отложений накапливались как в прибрежно-морских, так и в континентальных обстановках. Область питания, поставлявшая обломочный материал в седиментационные бассейны прогиба в палеоцене – плиоцене, вероятно, сочетала в себе сиалическую сушу, сложенную древними гранитно-метаморфическими и осадочными породами, и окраинно-континентальную магматическую дугу, уже аккретированную к краю континента. Кроме того, на седиментацию постоянно оказывали влияние, особенно на некоторых уровнях разреза, синхронные вулканические процессы. Реконструируемые по вещественному составу обстановки осадконакопления соответствуют обстановкам бассейнов активных континентальных окраин (наиболее вероятно бассейнов, осложненных сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-05-00857-а и проекта ДВО РАН № 15-И-2-001 о.

Список литературы

1. Гладенков Ю.Б., Баженова О.К., Гречин В.И. и др. Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. – М.: ГЕОС, 2002. – 225 с.
2. Петтиджон Ф.Дж., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. – М.: Мир, 1976. – 535 с.
3. Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. – 1967. – № 5. – С. 86–102.
4. Bhatia M.R. Plate tectonic and geochemical composition of sandstones // J. Geol. – 1983. – Vol. 91, № 6. – P. 611–627.
5. Dickinson W.R., Suczek C.A. Plate tectonics and sandstone composition // Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. – 1979. – Vol. 63. – № 12. – P. 2164–2182.
6. Maynard J.B., Valloni R., Yu H.S. Composition of modern deep-sea sands from arc-related basins // Leggett J.K. (Ed.), Trench-Forearc Geology: Sedimentation and Tectonics on Modern and Ancient Active Plate Margins / Blackwell Scientific Publications, Oxford. – 1982. – Part 2. – P. 551–61.
7. Nechaev V.P., Ispording W.C. Heavy-mineral assemblages of continental margins as indicators of plate-tectonic environments // J. Sed. Petrol. – 1993. – Vol. 63. № 6. – P. 1110–1117.
8. Nisbet E.G., Pearce J.A. Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings // Contrib. Mineral. Petrol. – 1977. – Vol. 63. – P. 149–160.
9. Teraoka Y. Detrital garnets from Paleozoic to Tertiary sandstones in Southwest Japan // Bull. Geol. Surv. Japan. – 2003. – Vol. 54. № 5-6. – P. 171–192.
10. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO_2 content and $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratio // J. Geol. – 1986. – Vol. 94. № 5. – P. 635–650.