

ВЛИЯНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СОСТАВ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ

С.А. Медведева

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, medvedeva@itig.as.khb.ru

На юге Дальнего Востока России нижнемеловые осадочные образования обнажены в пределах Сихотэ-Алиня, залегая в Западной, Центральной и Восточной структурно-формационных зонах (СФЗ) [Нижнемеловые..., 2000; Геодинамика..., 2006 и др.]. В данной работе будут охарактеризованы отложения Западной СФЗ, отделенные от отложений Центральной СФЗ Центральным Сихотэ-Алинским разломом (рис. 1). В пределах Среднего Приамурья в Западной СФЗ выделены Ванданская, Приамурская и Приуссурийская подзоны [Государственная..., 2008; Среднеамурский..., 2009]. Первые две по характеру разрезов мало отличаются, поэтому описание проведено в пределах двух подзон. Осадочные образования представлены терригенными толщами и свитами, в разрезе которых присутствуют в разных количествах и вулканические породы.

Ванданская и Приамурская подзоны. Ванданская подзона включает хребты Вандан, Хехцир, Воронежские высоты в районе г. Хабаровска. **Ванданская подзона** является олистостромовым комплексом, олистолиты, олистоплаки в котором представлены каменноугольными, верхнепермскими образованиями и резко преобладающими средне-верхнетриасовыми кремнями воронежской свиты ($T_{2-3}vt$). Матриksom олистостромы являются глинистые сланцы, аргиллиты, туфогенные алевролиты и кислые туфы поздней юры (титон), относимые к хабаровской толще Jhb (около 700 м).

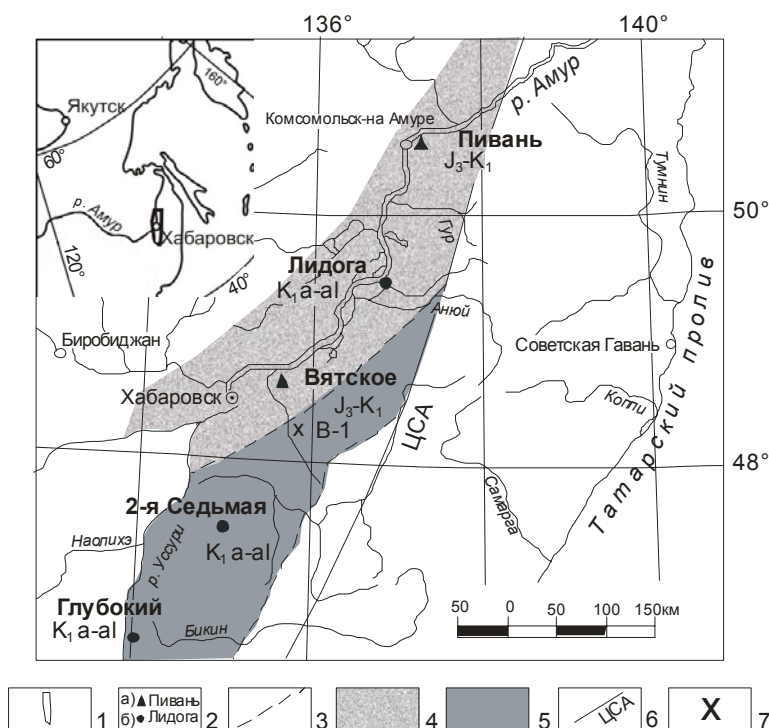


Рис. 1. Схема расположения разрезов. 1 – район исследований на врезке; 2 – название разрезов: а) титон-валанжинских, б) апт-альбских; 3 – границы подзон; 4 – Приамурская подзона; 5 – Приуссурийская подзона; 6 – Центрально-Сихотэ-Алинский разлом; 7 – скважина и её номер.

В **Приамурской подзоне** стратиграфически выше залегают свиты комсомольской серии: горинская, пионерская, пиванская, стратотипы которых находятся в районе г. Комсомольска-на-Амуре. Ранее в окрестностях г. Хабаровска выделялась преимущественно петропавловская свита K_{1pt} , но в 60-х гг XX века была проведена унификация и петропавловская свита разделена на пионерскую и пиванскую. **Разрезы в районе г. Хабаровска, сел Князе-Волконское, Петропавловка, Вятское.** Низы серии представлены толщей микститов, алевролитов, туфоалевролитов. В **пионерской свите** K_{1pn} (низы петропавловской свиты, 1100 м) преобладают алевролиты и глинистые сланцы с редкими слоями песчаников. По данным А.И. Поздняковой в разрезе на оз. Петропавловском зафиксирован прослой туфа мощностью 7 м и присутствие туфогенного материала в песчаниках (1964). Также отмечается окремнение в породах, что

является признаком присутствия вулканических продуктов [Медведева, 2003; Юдович, Кетрис, 2008]. Определениями бухий на юге Приамурской подзоны отложения датируются титоноранним валанжином. **Пиванская свита** K_{1pv} (две верхние подсвиты петропавловской свиты, 1500 м) – это мелко- и среднезернистые песчаники с линзами гравелитов, мелкогалечных конгломератов, с маломощными пластами переслаивания песчаников и алевролитов и чередующимися пачками средне- и толстослоистого флиша (песчаник – алевролит – аргиллит). Возраст пиванской свиты определяется положением между пионерской и горнопротокской свитами, а также находками флоры. Отложения **горнопротокской свиты** обнажаются у пос. Малышево и Князе-Волконское, на склонах хребтов Бол. и Мал. Хехцир. Сложена свита песчаниками от грубо- до мелкозернистых, алевролитами, глинистыми сланцами, валунными и мелкогалечными конгломератами, гравелитами. Мощность ее составляет 700 – 2000 м.

Разрезы в районе г. Комсомольска-на-Амуре. Для толщи ритмичного переслаивания (J_3v) мощностью около 700 м характерно переслаивание песчаников и алевролитов, редки прослой и линзы гравелитов и конгломератов. **Средняя толща** (J_3v-K_{1v}) – алевролиты, алевропесчаники с подчиненным количеством мелко- и тонкозернистых песчаников; кремнистые породы и долериты – 1100м. В **песчаниковой толще** (K_{1v}) преобладают среднезернистые песчаники; реже грубозернистые песчаники, гравелиты, седиментационные брекчии, алевролиты, пачки переслаивания песчаников и алевролитов – около 800 м. Присутствует растительный детрит, реже обломки древесины, маломощные линзы углей. Палеонтологами А.А. Капицей и Л.Д. Третьяковой на основании многочисленных определений иноцерамов, бухий были выделены волжский горюнский и валанжинские пионерский и пиванский горизонты. Определения радиолярий в толще ритмичного переслаивания японским палеонтологом К. Исида характеризуют поздний титон [Kirillova et al., 2002]. **Горнопротокская свита** K_{1gp} (здесь около 1400 м) несогласно залегает на пионерской свите. В стратотипе разреза она представлена серией крупных циклов мощностью 250-600 м, которые были выделены в виде четырех пачек с конгломератами в основании. В **мачтовой толще** K_{1m} (1550-1800 м) кроме терригенных, преимущественно псаммитовых пород, много вулканогенно-осадочных. Возраст свиты – средне-верхнеальбский.

Приуссурийская подзона. **Верхнеюрские-валанжинские** отложения (более 1300 м) представлены **улиткинской** [Нижнемеловые..., 2000], **хоменгуйской, алевролитовой, кхемской толщами** [Государственная..., 2008], которые в различных местах территории залегают на триасово-юрских кремнисто-терригенных отложениях согласно или несогласно. Главную роль в составе толщ играют алевроаргиллиты. На восточной окраине в них присутствуют пачки переслаивания алевролитов и песчаников, прослой туфов и лав андезитов, реже базальтов и андезибазальтов, линзы гравелитов и конгломератов. Возраст отложений охарактеризован определениями раннеберриасских бухий и траций. **Апт-среднеальбские** отложения представлены **ассикаевской свитой** (2270 м), несогласно залегающей на триасово-юрском комплексе и состоящей в стратотипе из нижней (760 м) существенно песчаниковой, средней (720 м) существенно алевроаргиллитовой и верхней (790 м) песчаниковой подсвит. Разрез снизу доверху охарактеризован фауной апта-низов среднего альба. **Средне-верхнеальбские** отложения представлены на западе подзоны терригенными толщами стрельниковской свиты, а на юге и востоке – вулканогенными отложениями алчанской свиты. В верхах разреза стрельниковской свиты (более 2000 м), сложенной среднезернистыми песчаниками, алевроитовыми туфопесчаниками (внизу с рассеянными гальками и гравием кремнистых пород), значительно увеличивается количество линз и слоев гравелитов и конгломератов. Возраст обоснован многочисленными двусторками, морскими ежами, флорой. В алчанской свите (1200-1500 м) встречаются туфопесчаники и туфоалевролиты с остатками пресноводной и, реже, морской фауны и обильными растительными остатками. На юге и юго-западе подзоны свита разделена на нижнюю дацитовую и верхнюю андезитовую подсвиты.

Петрографический состав песчаников. По петрографическому составу (Масиброда, 1980; Климовская, 2004; Харитонычев, 1970; Перозио, 1992 и др.), по [Систематика..., 1998], песчаники являются граувакковыми, реже аркозовыми. Обломочные зерна угловатые, слабоокатанные. Кварц – 10-50%, интрузивный, метаморфический и вулканический. Полевые шпаты: плагиоклазы измененные и почти свежие (около 20%), калиевые – микропертит и микроклин (до 25%). Обломки пород (15-50 %) – кислые и основные эффузивы, микрокварциты, кремни,

метаморфические сланцы, кремнисто-глинистые сланцы, алевролиты, песчаники, туфы, гранитоиды. Акцессорные минералы: циркон, апатит, турмалин, сфен, гранат, эпидот, анатаз. Цемент соприкосновения, пленочно-поровый, поровый, базальный. По составу – кварцево-сланцевый, железисто-сланцевый, хлоритизированный, хлорито-глинистый. Аутигенные катагенетические: кварц, альбит, хлорит-пеннин, ломонтит, карбонат, апатит. Песчаники апта-альба по сравнению с титон-валанжинскими содержат больше обломков пород, основных плагиоклазов, эффузивного кварца, магнетита, ильменита; меньше – циркона, граната, турмалина. Хлоритизация цемента, минералы группы цеолитов, эффузивный кварц показывают присутствие продуктов деятельности вулканов.

Химический состав песчаников. По мнению Я.Э. Юдовича [1981, 2000], критерием присутствия вулканогенного материала в осадочной породе является высокое содержание щелочей (более 5%). Оксиды в позднеюрско-валанжинских песчаниках содержатся в количестве (здесь и далее в масс. %): SiO_2 – 69,5-79,7, TiO_2 – 0,29-0,51, Al_2O_3 – 10,3-15, Fe_2O_3 – 2,1-3,2, MgO – 0,47-1, Na_2O – 2,7- 4,3, K_2O – 2,0-3,5, сумма щелочей – 4,8-7,3, в апт-альбских песчаниках – SiO_2 – 71-80,4, TiO_2 – 0,32-0,72, Al_2O_3 – 10,6-13,5, Fe_2O_3 – 1,5-4,6, MgO – 0,14-1,7, Na_2O – 1,8-3,4, K_2O – 2,0-3,0, сумма щелочей 4,2-6. Полные анализы приведены в [Среднеамурский..., 2009].

В соответствии с химической классификацией Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [2000] песчаники по **гидролизатному модулю** $\text{GM}=(\text{TiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}+\text{MnO})/\text{SiO}_2$ являются истинными ($\text{MgO}<3\%$) силитами. В изученных песчаниках значения **титанового модуля** ($\text{TM} = \text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) варьируют от 0,030 до 0,039. В исходном веществе содержание TiO_2 было невелико. В песчаниках титона – валанжина значения **модуля нормированной щелочности** $\text{HKM} = (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ составляют 0,45-0,52, апта – альба, в основном, 0,39-0,42. Значения HKM более 0,4 означают, что в породах доминируют полевые шпаты или продукты их изменения. Характерна высокая общая щелочность (сумма щелочей): титон-валанжин- 4,8-7,3, апт-альб – 4,5-6. Если сумма щелочей выше 5%, то породы щелочные. Песчаники титон-валанжинской выборки отличаются от апт-альбских повышенным **щелочным модулем** $\text{ЩМ}=\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (0,77-2,05 и 0,72-1,60 соответственно).

Величина $\text{HM}=\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ в песчаниках титона-валанжина 0,23-0,32; апта-альба – 0,18-0,25, что характерно только для граувакковых песчаников, у которых HM больше 0,20. Значения **калиевого модуля** $\text{KM}=\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ составляют 0,15-0,29 и находятся в интервале 0,1-0,3, показывающем, что в песчаниках присутствуют гидрослюды, хлорит и плагиоклазы. Значения **железного модуля** $\text{ЖМ}=(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}+\text{MnO})/(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ колеблются от 0,16 до 0,26 (норможелезистые силиты от 0,21 до 0,70). По значениям **фемического модуля** $\text{ФМ}=(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}+\text{MnO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$ в интервале 0,04-0,06 песчаники попадают в интервал нормофемических пород, имеющих ФМ 0,03-0,1. Породы апта-альба имеют более высокие значения ЖМ , чем титона-валанжина. Относительно малые содержания MgO , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{общ}}$, MnO , обуславливают невысокие значения ФМ и ЖМ .

Песчаники апт-альбской выборки выделяются повышенными (относительно титон-валанжинской) значениями ЖМ и более низкими HKM , ЩМ , HM и KM . Такое соотношение модулей позволяет предположить, что в апт-альбское время в бассейн седиментации поступал материал вулканических дуг более основного состава с его высокой железистостью и фемичностью. В апт-альбском разрезе присутствуют прослойки туфов и лав среднего состава. Тем не менее, ФМ в апт-альбских песчаниках невелик и мало отличается от ФМ в титон-валанжинских. Видимо сказалось влияние обломков кремневых пород, количество которых в конгломератах и в песчаниках увеличилось. ФМ в кремнях низок и составляет 0,2-0,3, поэтому наличие обломков кремней могло нивелировать повышенный ФМ вулканитов.

Комплекс признаков указывает на то, что в песчаных породах поздней юры и неокома присутствует вулканогенный материал кислого состава. Весь разрез титон-валанжинских отложений отличается высоким содержанием суммы щелочей, в основном больше 6%. Более низкая щелочность песчаников апта-альба, скорее всего, обусловлена невысоким содержанием щелочей в исходном материале. Например, в образце туфопесчаника К-44-4 содержания $\text{Na}_2\text{O}=1,79\%$, $\text{K}_2\text{O}=2,45\%$ сопоставимы с содержаниями этих оксидов в габбро и базальте. В этом

же образце содержится больше всего оксидов магния и железа – 1,7% и 4,6% соответственно, что может свидетельствовать о влиянии вулканических продуктов основного состава.

В песчаниках апта-альба средние содержания элементов кислой специализации ниже, чем в песчаниках титона-валанжина (здесь и далее в г/т): Li (37 и 30 соответственно), Th (9,3 и 7,6), U (2,4 и 1,8), Rb (93 и 88); выше – средние содержания элементов ультраосновной и основной специализации: V (53 и 45), Cr (40 и 31), Co (5,9 и 4,4), Ni – 4 и 14. Отмечается устойчивое понижение концентраций лантаноидов в апт-альбских песчаниках (сумма РЗЭ – 76-123) относительно содержаний в титон – валанжинских песчаниках (сумма РЗЭ – 95-76) для всех элементов [Медведева, 2008]. Очень четко различный состав песчаников иллюстрируется рис. 2, на котором фигуративные точки образуют слабо перекрывающиеся поля. Увеличение содержаний Co, Cr, Sc связано с поступлением в бассейн вулканического материала основного состава. Реконструируется усиление вулканической деятельности на востоке бассейна, которое повлекло за собой увеличение пирогенной примеси в составе пород. Петрографическое изучение также свидетельствует об этом.

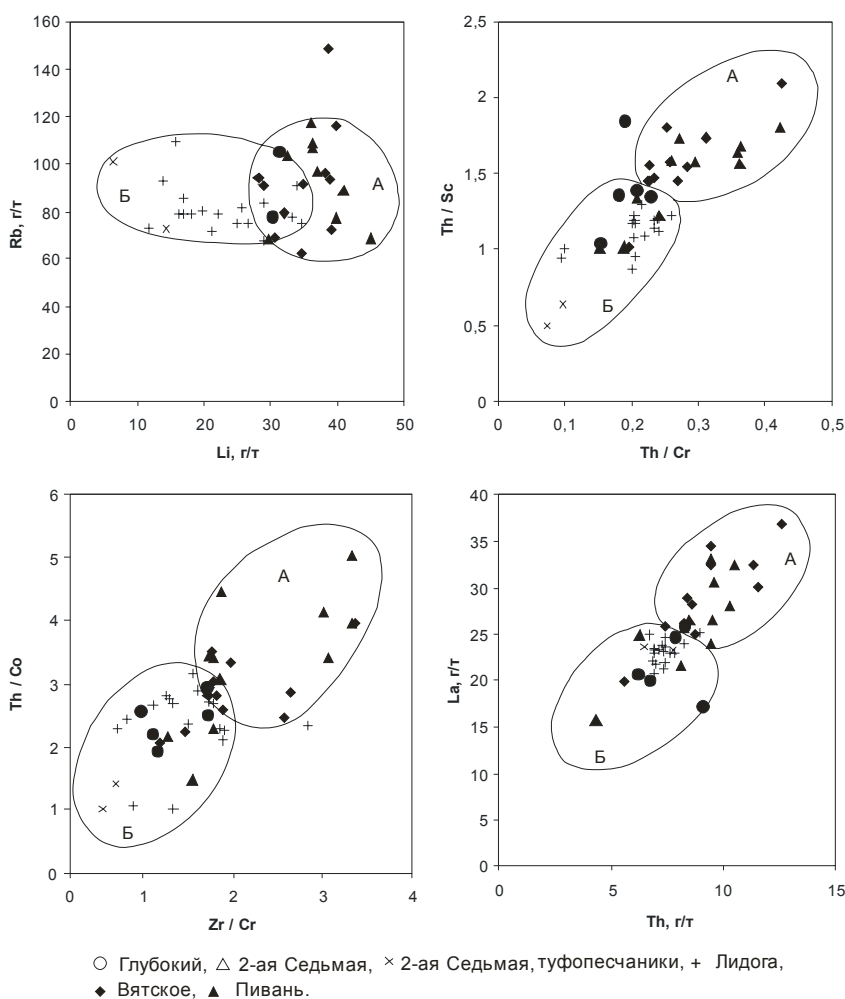


Рис. 2. Положение фигуративных точек составов песчаников Среднего Приамурья на диаграммах Li - Rb, Th/Cr - Th/Sc, Zr/Cr - Th/Co, Th - La. Поля: А – титон-валанжинских песчаников, Б – апт-альбских песчаников.

Список литературы

Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. В 2-х кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.

Государственная геологическая карта РФ. 1: 1 100 000. Лист М-53 / М-во природы РФ. ФГУП ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского. ФГУП «Дальгеофизика». 2008 г.

Климовская Т.В. Терригенные петрографические комплексы и палеогеодинамические условия осадконакопления Среднеамурского раннемелового морского бассейна // Закономерности

- строения и эволюции геосфер. VI Международный междисциплинарный научный симпозиум, Хабаровск, 23-26 сентября 2003. Хабаровск: ДВО РАН, 2004. С.101-112.
- Лисицын А.П.** Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 1988. 309с.
- Масиброда Г.В., Никольский В.М.** Геологическая карта СССР. 1: 200 000. Серия Сихотэ-Алинская. Лист М-53-XXXIV: Объясн. зап. М.: Союзгеолфонд, 1980. 121 с.
- Медведева С.А., Рязанова Т.А., Полякова И.Д.** Новые данные о перспективах нефтегазоносности позднемезозойского осадочного комплекса Приамурья. (Обзор результатов битуминологического анализа) // Тектоника, глубинное строение и геодинамика Востока Азии. IV Косыгинские чтения. Хабаровск. ИТиГ им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН, 2003а. С. 86-97.
- Медведева С.А.** Редкоземельные элементы в позднемезозойских терригенных отложениях западного Сихотэ-Алиня (Среднее Приамурье) // Вестник ДВО РАН. 2008. № 6. С. 72-80.
- Маркевич П.В., Коновалов В.П., Филиппов А.Н, Малиновский А.И.** Нижнемеловые отложения Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2000. 283 с.
- Петгиджон Ф., Поттер П., Сивер Р.** Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 536с.
- Среднеамурский осадочный бассейн: геологическое строение, геодинамика, топливно-энергетические ресурсы / отв. ред. Г.Л. Кириллова. Владивосток: ДВО РАН, 2009. 424 с. (Серия «Осадочные бассейны Востока России» / гл. ред. А.И. Ханчук; т. 3).
- Шванов В.Н., Фролов В.Т., Сергеева Э.И. и др.** Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. СПб.: Недра, 1998. 352 с.
- Харитонычев Г.И.** Геологическая карта СССР. 1: 200 000. Серия Сихотэ-Алинская. Лист М-53-XXIX: Объясн. зап. М.: Союзгеолфонд, 1970. 58 с.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П.** Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П.** Минеральные индикаторы литогенеза. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 564 с.
- Bhatia M.R.** Plate tectonics and geochemical composition of sandstones // J. Geology. 1983. V.91, №6. P. 611-627.
- Bhatia M.R. and Keith A.W.Crook.** Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins // Mineralogy and Petrology. Volume 92 Number 2. 1986. P. 181-193.