

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИТОХИМИИ ДЛЯ СОПОСТАВЛЕНИЯ И
КОРРЕЛЯЦИИ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ КОМСОМОЛЬСКОГО РАЗРЕЗА СЕВЕРНОГО
СИХОТЭ-АЛИНЯ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК РОССИИ)**

С.А. Медведева

*ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000;
e-mail: medvedeva@itig.as.khb.ru*

Поступила в редакцию 7 февраля 2018 г.

На примере Комсомольского разреза показана возможность использования литохимии для сопоставления, корреляции терригенных отложений и палеореконструкций фациальных обстановок осадконакопления. Проведенные работы и анализ впервые полученных данных о содержаниях химических компонентов и значениях литохимических модулей верхнеюрско-нижнемеловых пород Комсомольского разреза подтверждают складчатую структуру этого разреза, выявленную ранее другими методами. Установлено, что слои юго-западной и северо-восточной частей разреза являются крыльями одной синклинали складки, а «немая» толща, обнаженная в наиболее северо-восточной части разреза, залегает в его основании. Отмечается значение комплексирования различных методов.

Ключевые слова: песчаники, алевролиты, литохимические параметры, юра, мел, Комсомольский разрез, Сихотэ-Алинь, Дальний Восток России.

ВВЕДЕНИЕ

При изучении геологической истории формирования и эволюции осадочных бассейнов широко используются данные о вещественном составе осадочных пород [8, 10, 14, 30, 34 и др.]. Данные по петрографии, литохимии, геохимии позволяют восстанавливать тектонические обстановки формирования отложений, состав источников сноса, климат, влияние на осадконакопление синхронных вулканических процессов. Для получения наиболее надежных выводов о тех или иных природных объектах применяют комплексные исследования. Необходимость комплексирования обусловлена тем, что любой метод имеет как достоинства, так и ограничения. Существующие методы и подходы к изучению и интерпретации вещественного состава осадочных пород и области их применения описаны в многочисленных публикациях отечественных и зарубежных авторов [5, 9, 11, 16, 18, 21–27, 29, 31–33 и др.].

Цель настоящей статьи – на основе изучения вещественного состава терригенных пород выяснить возможность применения литохимических методов исследования как дополнительных при корреляции отложений и реконструкциях относительной глубины седиментации в разные временные периоды.

Основная задача автора – сопоставить результаты исследования с выводами, полученными другими, «невещественными», методами (палеонтологическим, структурным).

Комсомольский опорный разрез, известный также как Пиванский, находится на правом берегу р. Амур, напротив г. Комсомольск-на-Амуре (рис. 1). Изучение геологического строения территории района проводилось во второй половине XX столетия в ходе разномасштабных геолого-съёмочных и гидро-геологических работ. Эпизодические тематические исследования разных лет (с 30-х годов XX века) были направлены на выяснение перспектив нефтеносности территории, фаунистическое обоснование возраста развитых здесь толщ, а также изучение некоторых аспектов, в частности петрографических, вещественного состава пород.

Результаты исследований [3, 4, 6, 12, 13, 15, 28 и др.; рукописные отчеты (В.В. Кулаков, А.Л. Вокуев, 1970 г.; Г.Л. Кириллова и др., 2002 г. и др.)] обобщены в монографии [17].

Тем не менее, остались вопросы, в том числе в обосновании возраста отложений Комсомольского разреза, и в начале второго десятилетия XXI века он вновь привлек внимание. Сотрудники Института

нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (ИНГГ СО РАН) и Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН (ИТиГ ДВО РАН) провели совместные исследования [7], в ходе которых была собрана представительная коллекция остатков макрофауны, что позволило уточнить хроностратиграфическую схему отложений района [19, 20], а также была отобрана серия образцов пород для детального изучения вещественного состава.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В основу статьи положен оригинальный материал, полученный автором в результате изучения литохимических особенностей песчаников и алевролитов, отобранных из верхнеюрских–нижнемеловых отложений Комсомольского разреза. Были отобраны темно-серые, серые, часто с зеленоватым оттенком мелкозернистые, реже средне-мелкозернистые, массивные песчаники, темно-серые до черных алевролиты и кремнисто-глинистые породы из так называемого экзотического блока (рис. 1). Основная часть образцов отобрана в интервале 0–11 км от пос. Пивань вниз по течению р. Амур.

Валовый химический состав пород определялся в лаборатории рентгеноспектрального анализа СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан) методом рентгеноспектрального силикатного анализа (аналитики Т.Д. Борходоева и В.И. Мануилова). Рентгеноспектральный анализ горных пород выполнен на рентгеновских спектрометрах СРМ-25 (Россия, «Научприбор») и VRA-30 (Германия, Карл Цейс Йена). Содержания Ва, Ni, V были определены в Хабаровском инновационно-аналитическом центре ИТиГ ДВО РАН (аналитики Д.В. Авдеев, В.Е. Зазулина, Л.С. Боковенко). Определение концентрации химических элементов в пробах проводилось методом спектрального анализа в аргоновой плазме на приборе ICP-MS Elan DRC II PerkinElmer (США). Чувствительность метода – до 10^{-9} г/л. Разложение проб выполнено кислотнo-микроволновым методом в автоматической системе пробоподготовки Multiwave 3000.

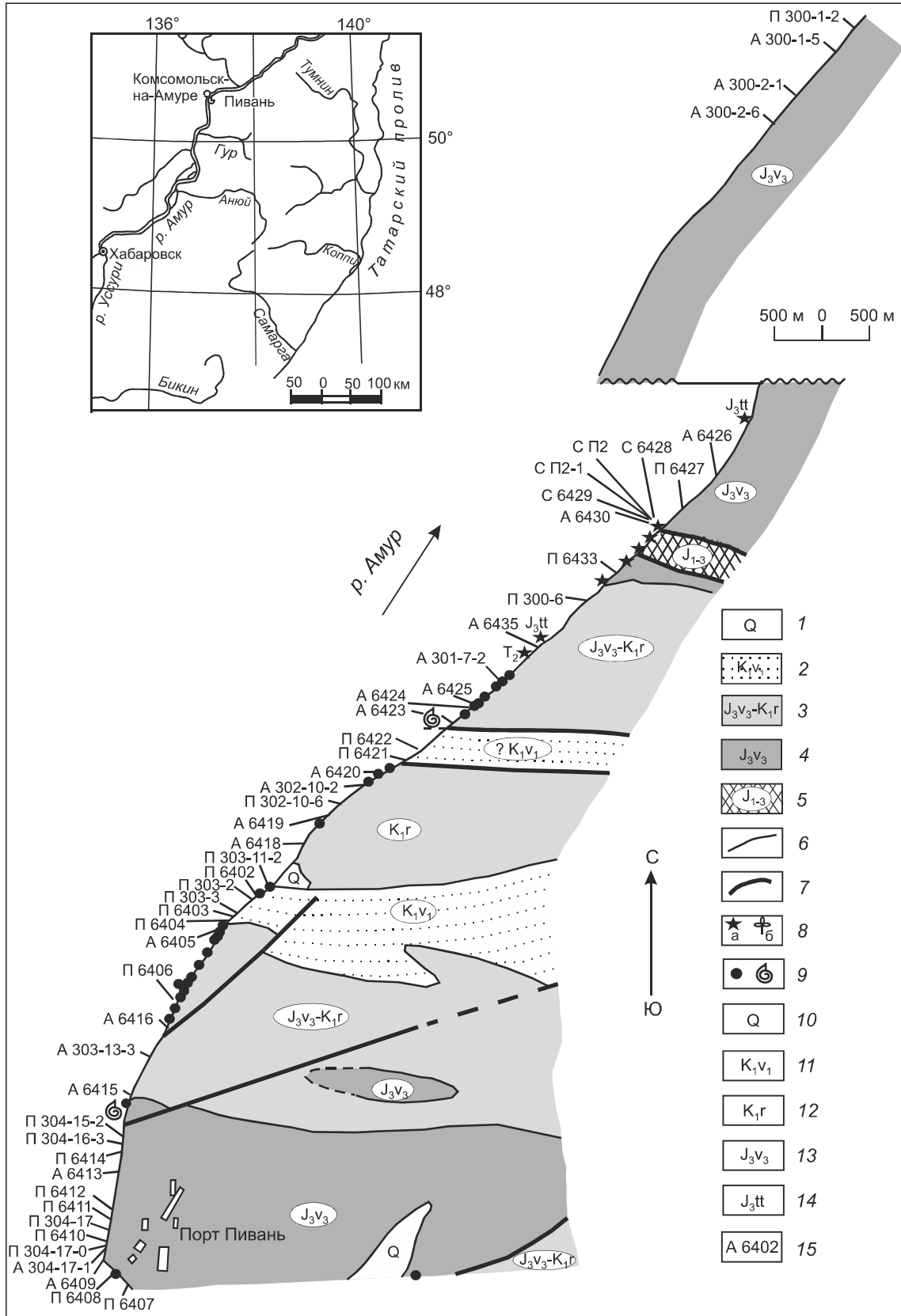
Минералого-петрографическое изучение песчаников проведено петрографом Т.В. Климовской с использованием поляризационного микроскопа. Типы песчаников определены с помощью классификационной диаграммы В.Н. Шванова [16]. Исследование и сравнение литохимических параметров пород осуществлялось по методике, рекомендованной «Стандартом ЮК» [23]. Кроме того, применялись индикаторные модули Fe/Mn, (Fe+Mn)/Ti, представленные в [5, 9, 18].

КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В геологическом строении региона принимают участие орогенные пояса (рис. 2): раннепалеозойский Бурей-Ханкайский, среднеюрский Монголо-Охотский, раннемеловой Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинский, раннекайнозойский Сахалинско-Камчатский [2]. В каждом из них развиты разновозрастные метаморфические, магматические и осадочные комплексы. Изученные титон-валанжинские терригенные образования находятся в пределах амурской ветви Журавлевско-Амурского турбидитового бассейна, являющегося составной частью раннемелового Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинского орогенного пояса. Среди отложений присутствуют разные генетические типы (темпеститы, турбидиты, контуриты, фоновые осадки), но преобладают проксимальные и дистальные турбидиты [17], которые образуются в режиме лавинной седиментации и характеризуют обстановки шельфа и континентального склона.

В Комсомольском районе при геологическом картировании (масштаб 1:200 000) в 50–60-х годах XX столетия были выделены ульбинская, силинская, падалинская, горюнская, пионерская и пиванская свиты [13]. Структура разреза первоначально представлялась как крыло крупной антиклинали с падением слоев на юго-восток («субмоноклиналиная» гипотеза). Предполагалось, что ось антиклинали находится к северо-западу от р. Амур. Затем, при картировании масштаба 1:50 000, серию свит Комсомольского разреза разделили на три толщи: толща ритмичного переслаивания, кремнисто-алевролитовая толща (средняя) и песчаниковая толща [17, со ссылкой на (В.В. Кулаков, А.Л. Вокуев, 1970 г., фондовые материалы)]. При этом был установлен ряд крупных изоклиналиных складок, крылья которых слагались толщей ритмичного переслаивания (волжский ярус) и средней алевролитовой толщей волжско-валанжинского возраста, а ядра – валанжинской песчаниковой толщей («субсинклиналиная» гипотеза). Предложенный вариант стратиграфического расчленения разреза, по мнению Г.Л. Кирилловой [17], неидеален, но он, все же, основан на более современных данных.

Во втором десятилетии XXI века была проведена ревизия систематического состава бухий в отдельных интервалах разреза, что позволило уточнить и дополнить прежнюю стратиграфическую схему и детализировать возрастной диапазон вышеперечисленных толщ [20]. С помощью палеонтологического метода была убедительно доказана правота «субсинклиналиной» гипотезы на изученных участках Комсомольского разреза (рис. 3, разрез АБ). Исследование нового материала из южной и северной частей разреза вы-



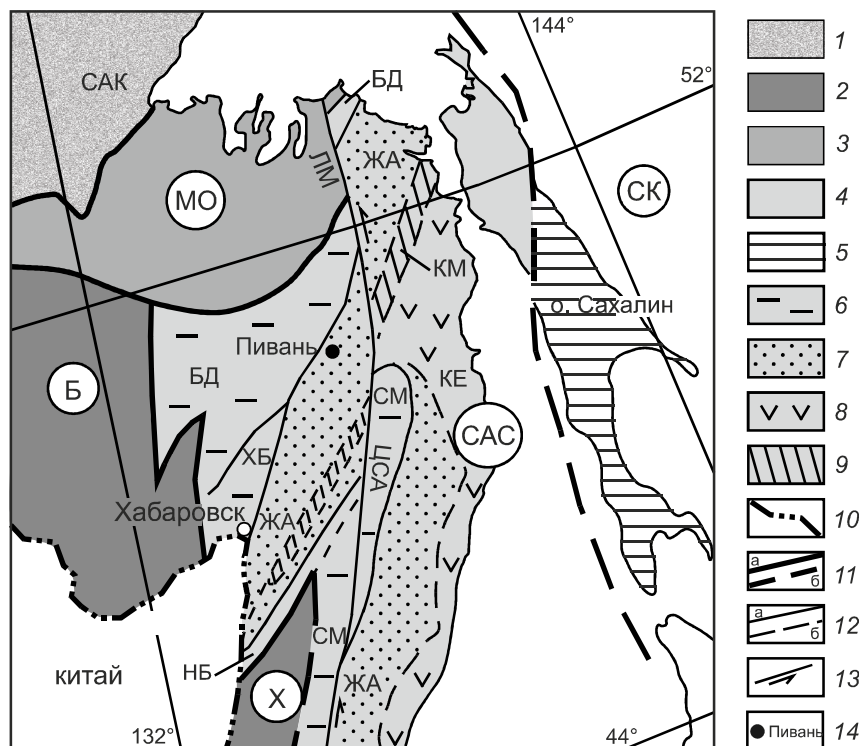


Рис. 2. Тектоническая схема террейнов района исследований и прилегающих территорий, по [2], с упрощениями.

1 – САК – Северо-Азиатский кратон; 2–5 – орогенные пояса: 2 – раннепалеозойские: Б – Буреинский, Х – Ханкайский, 3 – МО – среднеюрский Монголо-Охотский, 4 – САС – раннемеловой Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинский, 5 – СК – раннекайнозойский Сахалинско-Камчатский. 6–9 – фрагменты в составе САС: 6 – юрской аккреционной призмы: (СМ – Самаркинский, НБ – Наданьхада-Бикинский, ХБ – Хабаровский, БД – Баджалский), 7 – раннемелового турбидитового бассейна – ЖА – Журавлевско-Амурский, 8 – баррем-альбской островодужной системы – КЕ – Кемский, 9 – раннемеловой аккреционной призмы – КМ – Киселевско-Маноминский; 10–12 – границы: 10 – государственная, 11 – орогенных поясов (а – установленные, б – предполагаемые), 12 – фрагментов орогенных поясов (а – установленные, б – предполагаемые); 13 – разломы: ЦСА – Центрально-Сихотэ-Алинский, ЛМ – Лимурчанский; 14 – местонахождение Комсомольского разреза.

явило, что комплексы фауны указывают на одинаковый возраст слоев. При движении к центру с севера и юга происходит синхронное омоложение возраста отложений.

Ниже представлена характеристика толщ в соответствии с возрастом.

Толща ритмичного переслаивания (J_3v_3) сложена ритмично переслаивающимися песчаниками и алевролитами. Присутствуют самостоятельные пласты песчаников с прослоями и линзами гравелитов и конгломератов. Мощность толщи более 700 м. Наиболее древние макрофоссилии (бухии и неопределимый

фрагмент аммонита) обнаружены в породах юго-западного выхода толщи, недалеко от пос. Пивань. В северо-восточной части разреза (примерно 10–11 км от пос. Пивань ниже по течению р. Амур) из кремнистых аргиллитов японский палеонтолог К. Исида определил радиолярии, которые характеризуют возраст отложений как позднеюрский (позднетитонский) [28]. О.С. Урман и соавторами [20] было показано, что у пос. Пивань наиболее древний комплекс двустворок (*бухиазона obliqua*), в соответствии с магнитостратиграфическими критериями корреляции, также отвечает верхнему титону.

Рис. 1. Географическое положение и схема опробования коренных выходов пород Комсомольского разреза. Общий план разреза приведен по [20] со ссылкой на [28].

Условные обозначения: 1 – четвертичные отложения (Q), 2 – песчанниковая толща, 3 – алевролитовая толща, 4 – толща ритмичного переслаивания пород, 5 – блок кремнисто-глинистых пород, 6 – стратиграфические границы, 7 – разломы, 8 – местонахождения: а – радиолярий, б – флоры, 9 – местонахождения макрофауны (а), в том числе аммонитов (б), 10 – квартал, 11 – нижний валанжин, 12 – рязанский ярус (= бореальный берриас), 13 – верхневолжский подъярус, 14 – титон, 15 – места отбора проб и их номера: П – песчаники, А – алевролиты, С – «сланцы» экзотического блока.

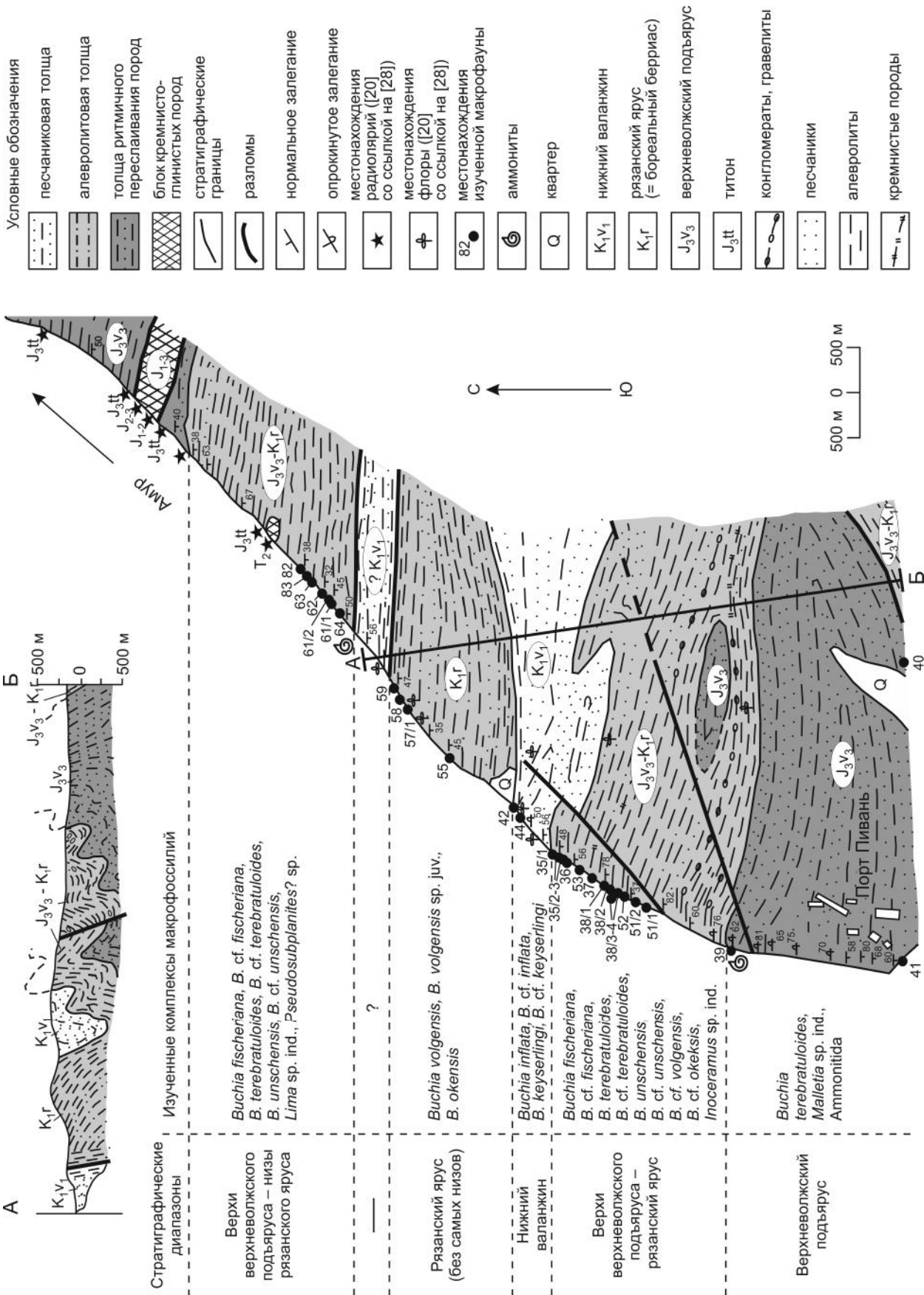


Рис. 3. Местонахождение фауны и возрастные датировки отложений Комсомольского разреза из [20] (с добавлением условных обозначений литологических разновидностей пород).

В северо-восточной части разреза в составе толщи ритмичного переслаивания залегает экзотический блок тектонического меланжа, сложенный кремнями, кремнисто-глинистыми сланцами и известняками. Породы блока содержат комплексы радиоларий значительного возрастного диапазона – от ранней до начала поздней юры (по определениям К. Исиды) [28].

Средняя, алевролитовая, толща (J_3v_3 - K_1r) сложена алевролитами с подчиненным количеством мелко- и тонкозернистых песчаников. Мощность толщи 1070 м. В олистолите кремней, содержащемся в толще, К. Исидой были определены среднетриасовые радиоларии. В целом толще присуще обилие и относительная однородность макрофауны: это преимущественно бухии, редко иноцерамы, лима и аммониты; иногда встречаются отпечатки растений. В нижней части толщи фауны не найдено.

Песчаниковая толща (K_1v_1) состоит главным образом из среднезернистых песчаников, в меньших количествах присутствуют гравелиты, седиментационные брекчии, грубозернистые песчаники, алевролиты, пачки переслаивания алевролитов и песчаников. Встречаются растительный детрит и обломки древесины. По иноцерамам и бухиям возраст толщи определяется как валанжинский. В Комсомольском разрезе мощность толщи составляет около 470 м. Полная мощность ее на левобережье р. Амур около 800 м.

Наиболее удаленная от пос. Пивань часть разреза (в интервале примерно 11–18 км) макро- или микрофаунистически практически не охарактеризована. Далее в тексте и на рисунках эта часть разреза описывается как «крайний» север, или как «немая» часть толщи ритмичного переслаивания. Как будет показано ниже, по составу и литохимическим параметрам породы этой части Комсомольского разреза отличаются от пород, расположенных южнее.

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЕСЧАНИКОВ

По данным В.В. Кулакова, А.Л. Вокуева, Л.П. Романовой (Кулаков В.В., Вокуев А.Л., Романова Л.П. Отчет о комплексной геолого-гидрогеологической и инженерно-геологической съемке масштаба 1:50 000 и поисковом бурении на воду в районе г. Комсомольска-на-Амуре за 1967–1969 гг., фондовые материалы, 1970 г.), песчаники всех трех толщ разделены на аркозовые и полимиктовые, в соответствии с принятой ранее производственной классификацией. Для тех и других песчаников характеристики схожие: по структуре породы мелкозернистые, реже неравномернозернистые до грубозернистых, обломки угловатые, реже слабоокатанные, степень сортировки низкая, цемент соприкосновения – поровый, базальный, а по составу – кварцево-сланцевый, железисто-сланцевый, хлоритовый.

ву – кварцево-сланцевый, железисто-сланцевый, хлоритовый.

Содержание обломочных компонентов варьирует. В аркозах содержится 35–60 % кварца, от 30 до 50 % полевых шпатов, 10–15 % обломков пород. Среди обломков пород преобладают микрокварциты, кремнистые сланцы и алевролиты, реже встречаются сильно измененные эффузивы, игнимбриты.

Полимиктовые песчаники в разных толщах обнаруживают определенное различие составов. Но в целом обломочный материал состоит из кварца – 30–60 %, полевых шпатов – 10–35 % (преобладает кислый плагиоклаз), обломков пород – от единичных до 20–30 %, в средней толще до 60 %. Содержание калиевых полевых шпатов (микроклин и ортоклаз) – от 4–5 до 10 %. В переменном количестве присутствуют мусковит и биотит. Обломки пород представлены преимущественно кремнистыми разновидностями, микрокварцитами, алевролитами, реже кварц-серпичитовыми, хлорит-полевошпатовыми и хлоритовыми сланцами, хлоритизированными вулканитами среднего-основного состава. Акцессорные минералы: апатит, циркон, сфен, гранат, турмалин, эпидот, ортит, магнетит.

По данным Т.В. Климовской (устное сообщение), в песчаниках Комсомольского разреза содержание кварца составляет 22–35 %, полевых шпатов – 43–57 %, обломков пород – 14–25 %. Содержание цемента колеблется от 10 до 24 %. На классификационной диаграмме В.Н. Шванова [16] фигуративные точки изученных песчаников находятся в полях граувакковых аркозов, полевошпатовых граувакк и полевошпатовых пород (рис. 4). На представленной диаграмме поле аркозов разделено на два поля: граувакковых аркозов и собственно аркозов, как это было ранее предложено В.Д. Шутовым [22].

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Содержания основных породообразующих оксидов в песчаниках составляют (мас. %): SiO_2 – 68.5–76.6, TiO_2 – 0.32–0.59, Al_2O_3 – 11.9–15.9, Fe_2O_3 – 2.1–4.2, MgO – 0.5–1.4, Na_2O – 2.5–4.1, K_2O – 2.0–4.0, сумма щелочей – 5.74–7.49. В алевролитах меньше содержания SiO_2 – 63.1–68.1, Na_2O – 1.8–3.4, но больше TiO_2 – 0.6–0.74, Al_2O_3 – 14.7–17.0, Fe_2O_3 – 4.0–6.7, K_2O – 2.5–3.7. Кроме того, в них уменьшается суммарное содержание щелочей – 4.94–6.88 %. В породах мало MnO – от 0.01 до 0.09 %, в единичном случае до 0.2 %. В кремнисто-глинистых породах («сланцах») экзотического блока содержания оксидов следующие (мас. %): SiO_2 – 65.5–68.9, TiO_2 – 0.62–0.65, Al_2O_3 – 14.3–15.8, Fe_2O_3 – 4.9–6.1, MgO – 1.5–2.2, Na_2O – 0.8–2.1, K_2O – 3.0–4.2, сумма щелочей – 4.7–5.8. В них по



Рис. 4. Положение фигуративных точек песчаников на классификационной диаграмме петрографических типов пород В.Н. Шванова [16].

Поля: J_3V_3 – верхневолжского подъяруса, $J_3V_3-K_1r$ – верхневолжского подъяруса – рязанского яруса, K_1V_1 – нижнего валанжина.

сравнению с алевролитами уменьшаются содержания TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Na_2O , но больше MnO – 0.05–0.24.

Состав пород иллюстрируется серией вариационных диаграмм (рис. 5). Разобщенные поля фигуративных точек пород показывают разницу между песчаниками и алевролитами, особенно резко проявленную концентрациями SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO . Среди алевролитов более высокие содержания TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , MgO фиксируются в алевролитах «немой» части толщи ритмичного переслаивания, обнаженной на «крайнем» севере разреза. На диаграммах поля фигуративных точек алевролитов из этой части разреза иногда частично перекрываются с аналогичными полями других его частей.

Из совокупности полученных данных были составлены выборки для расчета средних содержаний

элементов, оксидов и значений модулей литотипов пород. В выборку входили составы пород в зависимости от их местонахождения на разрезе (юго-запад, северо-восток, «крайний» север). Средние значения приведены в таблицах 1, 2.

Сходство или различие пород по валовому химическому составу более четко проявляется при сопоставлении модулей (расчетных параметров). В публикации представлены известные литохимические модули Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [23]: ГМ – гидролизатный $(TiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO + MnO)/SiO_2$, ТМ – титановый TiO_2/Al_2O_3 , ЖМ – железный $(Fe_2O_3 + FeO + MnO)/(TiO_2 + Al_2O_3)$, ФМ – фемический $(Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO)/SiO_2$, сумма щелочей $(Na_2O + K_2O)$, а также отношения некоторых элементов: Fe/Mn , Ti/Zr , $(Fe + Mn)/Ti$. Отношения элементов рассчитывались по массовым содержаниям в породах, пересчитанным из оксидов.

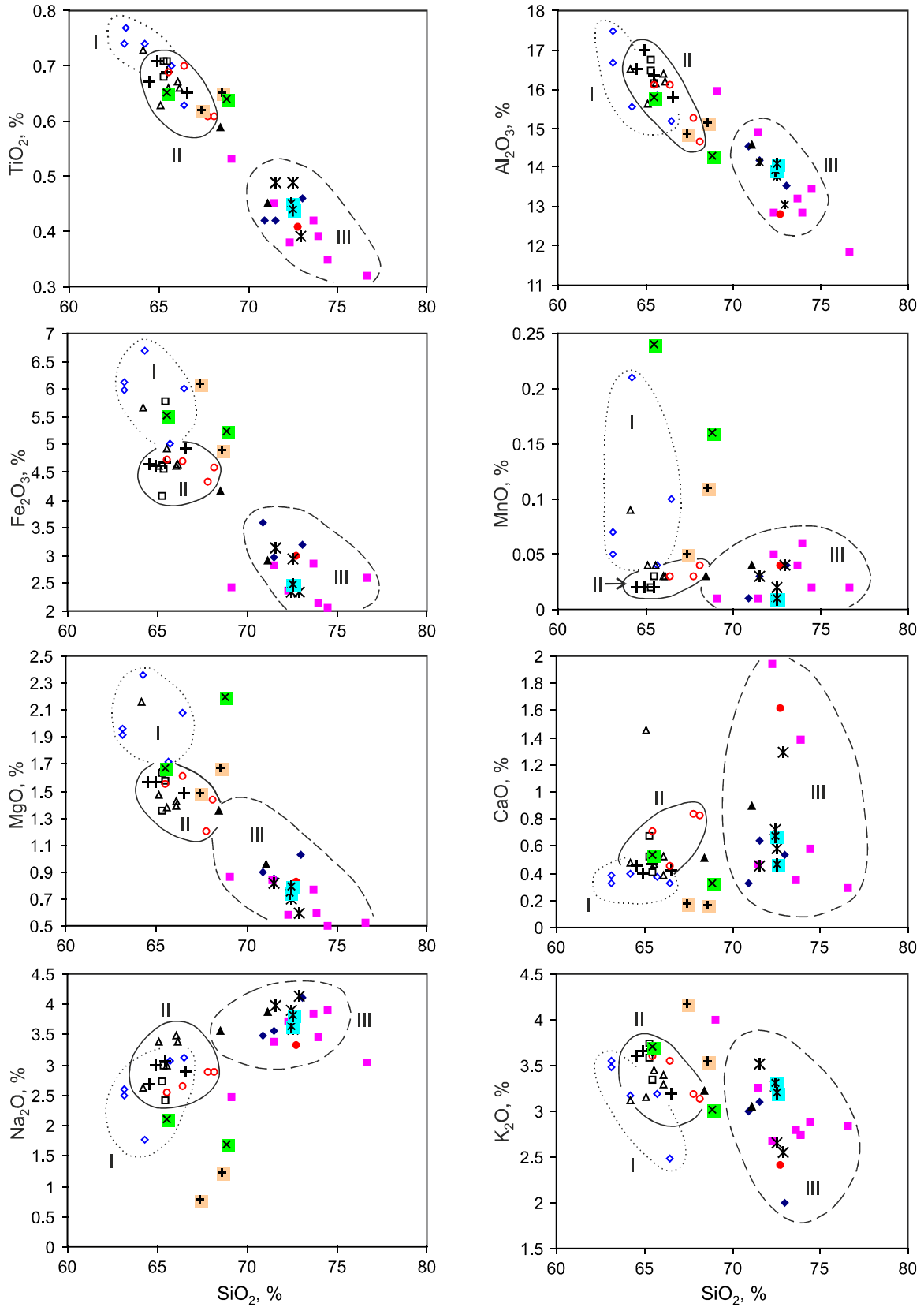
В соответствии с химической классификацией Ф.Дж. Петтиджона рассматриваемые песчаники относятся к грауваккам, реже к литаренитам (рис. 6 а), в соответствии с классификацией М.М. Хиррона песчаники относятся к ваккам (грауваккам), реже к аркозам, алевролиты – к сланцам и к ваккам (рис. 6 б). Следовательно, в целом, петрографическая и химическая классификации соответствуют друг другу.

Согласно классификации Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [23], по основному классификационному гидролизатному модулю песчаники аттестуются гипо(мио)силитами, алевролиты – нормосиаллитами (рис. 7). Граничное значение ГМ между силитами и сиаллитами – 0.3, те и другие являются щелочными (сумма щелочей больше 5 %). В соответствии со всеми другими модулями сиаллиты относятся к нормосиаллитам; силиты по железному (ЖМ) и фемическому (ФМ) модулям – нормо-, реже гипосилиты, по сиалическим модулям (АМ, НМ, КМ) – нормо- и суперсилиты (табл. 1, 2). «Сланцы» экзотического блока – обычные гипосиаллиты (сумма щелочей меньше 5 %, ГМ = 0.3–0.34).

На диаграмме $(Na_2O + K_2O)$ –ГМ фигуративные точки терригенных пород образуют сравнительно плотную единую область щелочных силитов и сиаллитов. Внутри нее выделяются локальные поля

Рис. 5. Положение фигуративных точек пород на вариационных диаграммах.

1–6 – песчаники: 1 – верхневолжского подъяруса (J_3V_3) северо-восточной (СВ) части разреза, 2 – верхневолжского подъяруса (J_3V_3) юго-западной (ЮЗ) части разреза, 3 – верхневолжского подъяруса – рязанского яруса ($J_3V_3-K_1r$), 4 – рязанского яруса (K_1r), 5 – нижнего валанжина (K_1V_1) ЮЗ части разреза, 6 – нижнего валанжина (K_1V_1 ?) СВ части разреза; 7–11 – алевролиты: 7 – верхневолжского подъяруса (J_3V_3 , он же титонский ярус, J_3tt) «крайнего» севера, 8 – верхневолжского подъяруса (J_3V_3) ЮЗ части разреза, 9 – верхневолжского подъяруса – рязанского яруса ($J_3V_3-K_1r$) СВ части разреза, 10 – верхневолжского подъяруса – рязанского яруса ($J_3V_3-K_1r$) ЮЗ части разреза, 11 – рязанского яруса (K_1r); 12–13 – юрские «сланцы» экзотического блока: 12 – вишневые, 13 – зеленые. Поля: I – алевролиты «крайнего» севера, II – алевролиты более южных частей разреза; III – песчаники.



- | | | | | |
|-----------------------|---------------|--------------------------|------------------------|----------------|
| 1 ◆ $J_3v_3(J_3tt)CB$ | 4 ● K_1r | 7 ◆ $J_3v_3(J_3tt)север$ | 10 + $J_3v_3-K_1r IO3$ | 13 ■ J_{1-3} |
| 2 ■ $J_3v_3 IO3$ | 5 * K_1v_1 | 8 □ $J_3v_3 IO3$ | 11 ○ K_1r | |
| 3 ▲ $J_3v_3-K_1r$ | 6 * $K_1v_1?$ | 9 ▲ $J_3v_3-K_1r CB$ | 12 + J_{1-3} | |

Таблица 1. Средние содержания оксидов, Ni, V, Ba и средние значения литохимических модулей в песчаниках Комсомольского разреза.

| | Верхняя юра, волжский ярус J ₃ v ₃ | | Верхняя юра, волжский ярус– нижний мел, рязанский ярус J ₃ v ₃ - K ₁ г | Нижний мел, валанжин | |
|-------------------------------------|---|--------|---|----------------------------------|------------------------------------|
| | СВ | ЮЗ | Центр | ЮЗ K ₁ v ₁ | СВ K ₁ v ₁ ? |
| Оксиды, % | | | | | |
| n | 3 | 7 | 2 | 4 | 2 |
| SiO ₂ | 71.82 | 73.08 | 69.79 | 72.37 | 72.48 |
| TiO ₂ | 0.43 | 0.41 | 0.52 | 0.47 | 0.45 |
| Al ₂ O ₃ | 14.09 | 13.59 | 14.83 | 13.70 | 14.01 |
| Fe ₂ O ₃ | 3.26 | 2.47 | 3.53 | 2.69 | 2.49 |
| MnO | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.01 |
| MgO | 0.93 | 0.67 | 1.16 | 0.71 | 0.77 |
| CaO | 0.50 | 0.76 | 0.71 | 0.76 | 0.57 |
| Na ₂ O | 3.72 | 3.40 | 3.73 | 3.90 | 3.73 |
| K ₂ O | 2.70 | 3.03 | 3.14 | 3.00 | 3.26 |
| P ₂ O ₅ | 0.09 | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| ппп | 2.42 | 2.50 | 2.47 | 2.29 | 2.15 |
| Na ₂ O+ K ₂ O | 6.42 | 6.43 | 6.87 | 6.90 | 6.99 |
| Модули | | | | | |
| ГМ | 0.25 | 0.23 | 0.27 | 0.23 | 0.23 |
| ЖМ | 0.23 | 0.18 | 0.23 | 0.19 | 0.17 |
| ФМ | 0.06 | 0.04 | 0.07 | 0.05 | 0.05 |
| ТМ | 0.031 | 0.030 | 0.035 | 0.034 | 0.032 |
| (Fe+Mn)/Ti | 8.9 | 7.3 | 8.0 | 6.8 | 6.5 |
| Элементы, г/т | | | | | |
| n | 3 | 10 | 2 | 6 | 2 |
| Ni | 13.28 | 8.73 | 13.86 | 12.61 | 10.26 |
| V | 40.71 | 35.92 | 53.77 | 39.92 | 35.66 |
| n | 2 | 5 | 1 | 3 | 2 |
| Ba | 634.32 | 530.11 | 525.36 | 563.76 | 607.30 |

Примечание. n – количество анализов.

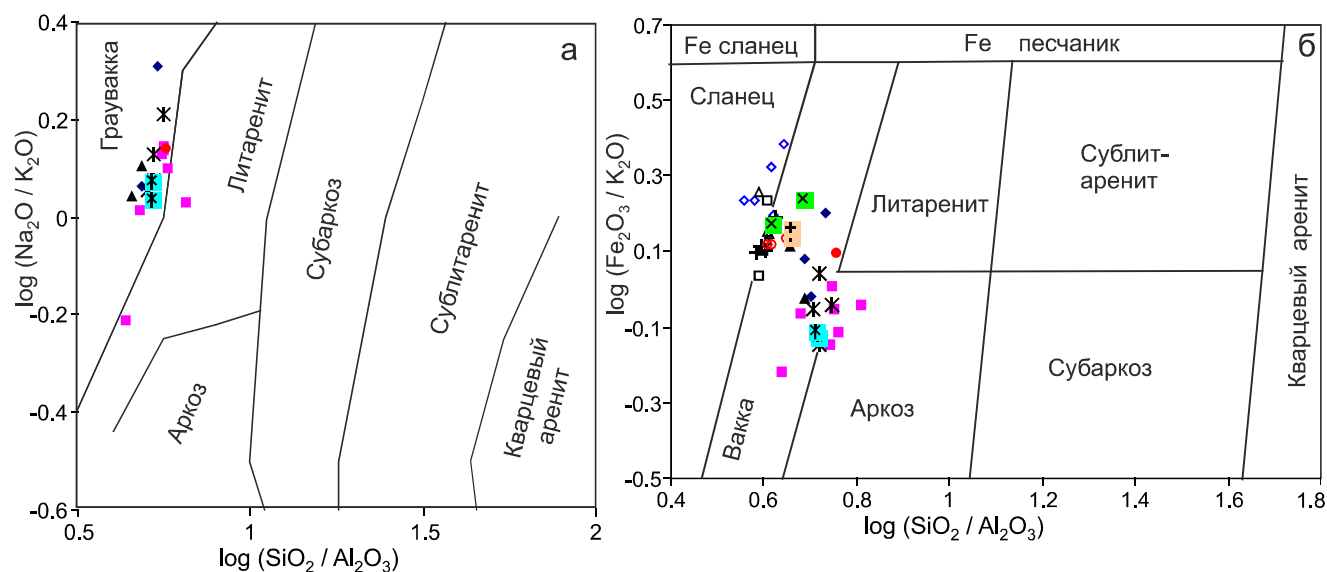


Рис. 6. Положение фигуративных точек пород на классификационных диаграммах: а – Ф.Дж. Петтиджона [27], б – М.М. Хиррона [27]. Условные обозначения на рис. 5.

Таблица 2. Средние содержания оксидов, Ni, V, Ba и средние значения литохимических модулей в глинисто-алевролитовых породах Комсомольского разреза.

| Оксиды, % | Верхняя юра, волжский ярус (титон), J ₃ v ₃ (tt) | Верхняя юра, волжский ярус J ₃ v ₃ | Верхняя юра, волжский ярус–нижний мел, рязанский ярус, J ₃ v ₃ - K ₁ r | | Нижний мел, рязанский ярус K ₁ r | Нижняя–верхняя юра J ₁₋₃ |
|--------------------------------------|--|--|---|--------|---|-------------------------------------|
| | «крайний» север (СВ) | ЮЗ | СВ | ЮЗ | Центр | «сланцы» экзотического блока |
| n | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| SiO ₂ | 64.54 | 65.36 | 65.42 | 65.38 | 66.97 | 67.59 |
| TiO ₂ | 0.72 | 0.70 | 0.67 | 0.68 | 0.65 | 0.64 |
| Al ₂ O ₃ | 16.13 | 16.47 | 16.17 | 16.42 | 15.54 | 15.02 |
| Fe ₂ O ₃ | 5.96 | 4.81 | 4.89 | 4.72 | 4.59 | 5.44 |
| MnO | 0.09 | 0.02 | 0.05 | 0.02 | 0.03 | 0.14 |
| MgO | 2.01 | 1.52 | 1.56 | 1.57 | 1.45 | 1.76 |
| CaO | 0.36 | 0.53 | 0.66 | 0.44 | 0.71 | 0.30 |
| Na ₂ O | 2.61 | 2.71 | 3.17 | 2.91 | 2.74 | 1.45 |
| K ₂ O | 3.18 | 3.56 | 3.28 | 3.53 | 3.37 | 3.61 |
| P ₂ O ₅ | 0.14 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.16 | 0.07 |
| ппп | 4.27 | 4.15 | 3.97 | 4.21 | 3.79 | 3.99 |
| Na ₂ O + K ₂ O | 5.79 | 6.27 | 6.45 | 6.44 | 6.12 | 5.07 |
| Модули | | | | | | |
| ГМ | 0.36 | 0.34 | 0.33 | 0.33 | 0.31 | 0.31 |
| ЖМ | 0.36 | 0.28 | 0.29 | 0.28 | 0.29 | 0.36 |
| ФМ | 0.13 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.11 |
| ТМ | 0.044 | 0.043 | 0.041 | 0.041 | 0.042 | 0.043 |
| (Fe+Mn)/Ti | 9.9 | 8.0 | 8.6 | 8.1 | 8.3 | 10.2 |
| Элементы, г/т | | | | | | |
| Ni | 19.72 | 9.63 | 14.72 | 12.31 | 13.13 | 30.54 |
| V | 82.56 | 74.06 | 78.49 | 76.60 | 70.73 | 84.14 |
| Ba | 382.53 | 416.28 | 454.55 | 515.05 | 623.44 | 416.70 |

Примечание. n – количество анализов.

(I–VII), образованные точками пород вышеописанных уточненных стратонов, что подчеркивает некоторую разницу в составе пород, слагающих данные разновозрастные отложения. Иногда эти поля частично перекрываются. Валанжинские песчаники отличаются от волжских большей суммой щелочей; от волжско-рязанских – большей суммой щелочей и меньшим ГМ. Валанжинские алевролиты в выборке отсутствуют. Волжско-рязанские (и рязанские) алевролиты отличаются от волжских алевролитов большей суммой щелочей. Меньшие значения ГМ и суммы щелочей кремнисто-глинистых пород («сланцев») экзотического блока обусловили изолированное положение их фигуративных точек в поле VIII, что наглядно показывает отличие «сланцев» от других пород.

Главная роль в формировании состава терригенных пород орогенных поясов принадлежит составу пород областей сноса. Критериями принадлежности пород к петрогенным (не переотложенным) являются положительная корреляция ТМ и ГМ (рис. 8 а), положительная корреляция ЖМ и

ФМ (рис. 8 б), свойственная первичным магматическим породам, а также более высокие значения ТМ в алевролитах по сравнению с ТМ песчаников [23]. Анализ значений модулей и положения фигуративных точек пород на рисунках свидетельствует о том, что изученные породы являются петрогенными, типа first cycle rock, а содержания оксидов и невысокие значения ЖМ и ФМ модулей – о кислом составе материнских пород.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Наличие крупной синклинали складки в районе пос. Пивань было выявлено ранее структурными и палеонтологическими методами. Для получения дополнительных доказательств автором были сопоставлены основные литохимические параметры разновозрастных пород из юго-западного (ЮЗ) и северо-восточного (СВ) крыльев складки (или ЮЗ и СВ частей разреза).

На классификационной диаграмме (Na₂O + K₂O)–ГМ фигуративные точки песчаников толщи ритмично-

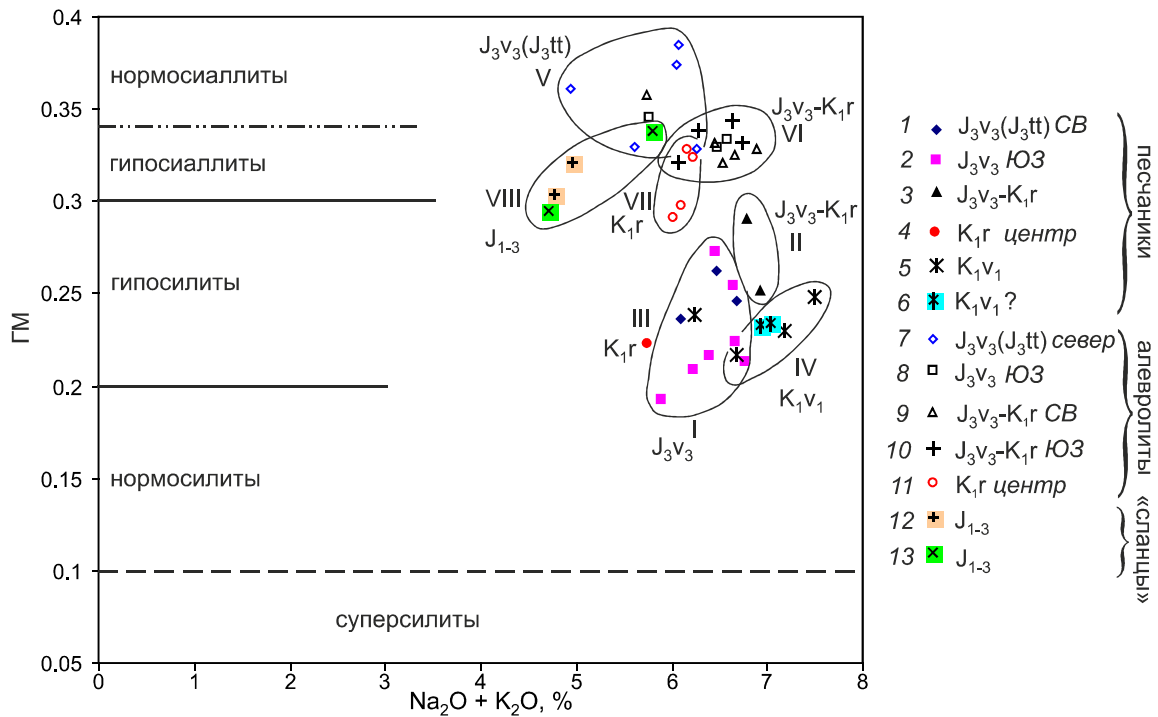


Рис. 7. Положение фигуративных точек пород на классификационной диаграмме $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{ГМ}$ Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [23].

Поля I–IV – песчаники: I – верхневолжского подъяруса (J_3v_3) северо-восточной (СВ) и юго-западной (ЮЗ) частей разреза, II – верхневолжского подъяруса – рязанского яруса ($J_3v_3-K_1r$) СВ и ЮЗ частей разреза, III – рязанского яруса (K_1r) в центральной части разреза (одна точка), IV – нижнего валанжина (K_1v_1) СВ и ЮЗ частей разреза. Поля V–VII – алевролиты: V – верхневолжского подъяруса (J_3v_3) «крайнего» севера (он же титонский ярус, J_3tt), VI – верхневолжского подъяруса–рязанского яруса ($J_3v_3-K_1r$) СВ и ЮЗ частей разреза, VII – рязанского яруса (K_1r) в центральной части разреза. VIII – «сланцы» экзотического блока (J_1-J_3).

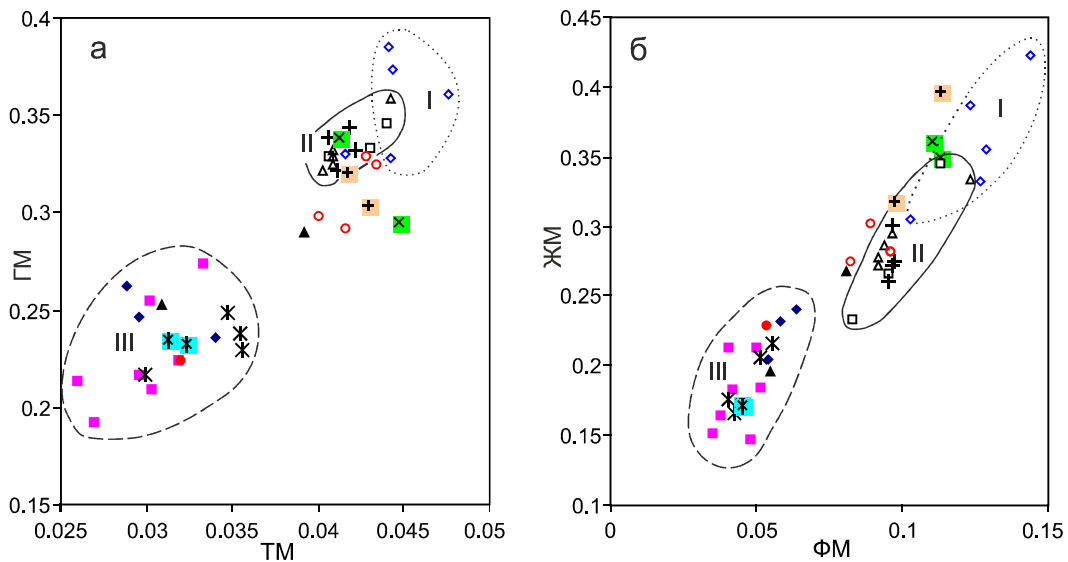


Рис. 8. Положение фигуративных точек пород на модульных диаграммах: а – ТМ–ГМ, б – ФМ–ЖМ.

Поля: I – алевролиты «крайнего» севера, II – алевролиты более южных частей разреза; III – песчаники. Остальные условные обозначения на рис. 5, 7.

го переслаивания (J_3v_3) юго-западной и северо-восточной частей разреза образуют единое поле I (рис. 7). Это может свидетельствовать о принадлежности их к одному стратиграфическому уровню.

Места отбора проб песчаников из вышележающей средней алевролитовой толщи ($J_3v_3-K_1r$) находятся на значительном расстоянии друг от друга (П 6406 на юго-западе, П 300-6 на северо-востоке), тем не менее, на диаграмме их точки образовали поле II (более высокие значения ГМ и суммы щелочей по сравнению с верхневолжскими песчаниками). Фигуративные точки юго-западных и северо-восточных алевролитов сконцентрированы в поле VI. Следовательно, как и в случае верхневолжских слоев, верхневолжско-рязанские слои юго-запада и северо-востока могут быть крыльями одной складки.

Четыре пробы алевролитов (и одна песчаника), отобранные из слоев рязанского яруса, залегающих в центре изученного участка Комсомольского разреза, имеют практически одинаковую сумму щелочей, меньшую, чем у нижележащих пород, и также меньшее, в целом, значение гидролизатного модуля ГМ. Соответственно на диаграмме точки этих пород обособляются: алевролиты – поле VII, песчаник – точка III.

К юго-западу от выходов рязанского яруса обнажается песчанниковая толща нижнего валанжина (K_1v_1) с подтвержденными определениями макрофауны возрастом, а к северо-востоку от них залегают песчаники с прослоями алевролитов, но без находок фауны, предположительный возраст которых – ранний валанжин ($K_1v_1?$). Три (из четырех) фигуративные точки песчаников юго-западного выхода (K_1v_1) локализируются в поле IV. Интересно, что в нем находятся и фигуративные точки песчаников северо-восточного выхода этой же толщи (П 6421 и П 6422), причем их параметры очень близки между собой. С большой долей уверенности, несмотря на отсутствие здесь фауны, можно предполагать ранневаланжинский возраст отложений северо-восточного выхода данной толщи.

Как уже было отмечено ранее, самая молодая песчанниковая толща является ядром синклинали складки (рис. 3). Положение фигуративных точек песчаников данной толщи на диаграмме ($Na_2O + K_2O$) – ГМ в обособленном поле IV является дополнительным аргументом в пользу этого вывода. В то же время разломная тектоника и дополнительная складчатость затрудняют интерпретацию. Выходы рязанского яруса в центре, обрамленные с юго-запада и северо-востока выходами отложений валанжинского яруса, являются нижними слоями, участвующими (вместе с нижневаланжинскими) в строении ядра крупной складки.

Аналогичные в целом выводы позволяет сделать анализ модульных диаграмм ТМ–ГМ, ФМ–ЖМ (рис. 8). Плотная концентрация фигуративных точек алевролитов юго-западного и северо-восточного выходов средней алевролитовой толщи ($J_3v_3-K_1r$) в поле II иллюстрирует принадлежность этих выходов к крыльям одной складки.

Следует заметить, что вышеописанное касается отложений с доказанным возрастом в интервале коренных выходов 0–11 км от пос. Пивань вниз по течению р. Амур. Если обратиться к более удаленным выходам, то заметно, что фигуративные точки алевролитов «крайнего» севера («немая» часть толщи ритмичного переслаивания J_3v_3) образуют самостоятельное поле I на диаграммах ТМ–ГМ и ФМ–ЖМ и поле V – на диаграмме ($Na_2O + K_2O$)–ГМ. Такое положение точек и полей обусловлено, вероятно, различием в составе пород, которое было показано ранее.

Причин различия состава пород из южных частей разреза и из наиболее северной его части («крайнего» севера) могло быть несколько. Они могли быть взаимосвязаны или проявляться отдельно как во времени, так и в пространстве. Ниже представлены некоторые предположения о факторах, которые могли повлиять на состав пород.

1. Возможно толща «крайнего» севера древнее южных толщ. Здесь не было обнаружено фоссилий, поэтому возраст экстраполировался и был принят поздневолжским [17].

2. Данные отложения формировались на относительно больших глубинах и дальше от берега, чем обнажающиеся южнее.

Для проверки этого предположения были сопоставлены содержания бария, железа, марганца при помощи индикатора глубинности Fe/Mn [5, 9]. Известно, что барий и железо связываются и оседают ближе к берегу, а марганец поглощается из морской воды в более глубоководных условиях. Поэтому значения Fe/Mn уменьшаются при углублении бассейна: глубоководные отложения – менее 40, мелководные – 40–80, прибрежно-морские с преобладанием терригенного материала – 80–160 [5, 9]. У изученных пород фиксируется большой разброс этого отношения (алевролиты – от 29 до 211, песчаники – от 32 до 325). Полученные цифры позволяют предполагать мелководные и прибрежно-морские обстановки осадконакопления, причем с преобладанием последних. Данное предположение получает дополнительное подтверждение тем фактом, что организмы, по остаткам которых определялся возраст [20], например бухии, «...вели неподвижный образ жизни на небольших глубинах, прикрепляясь ко дну с помощью биссусных нитей»

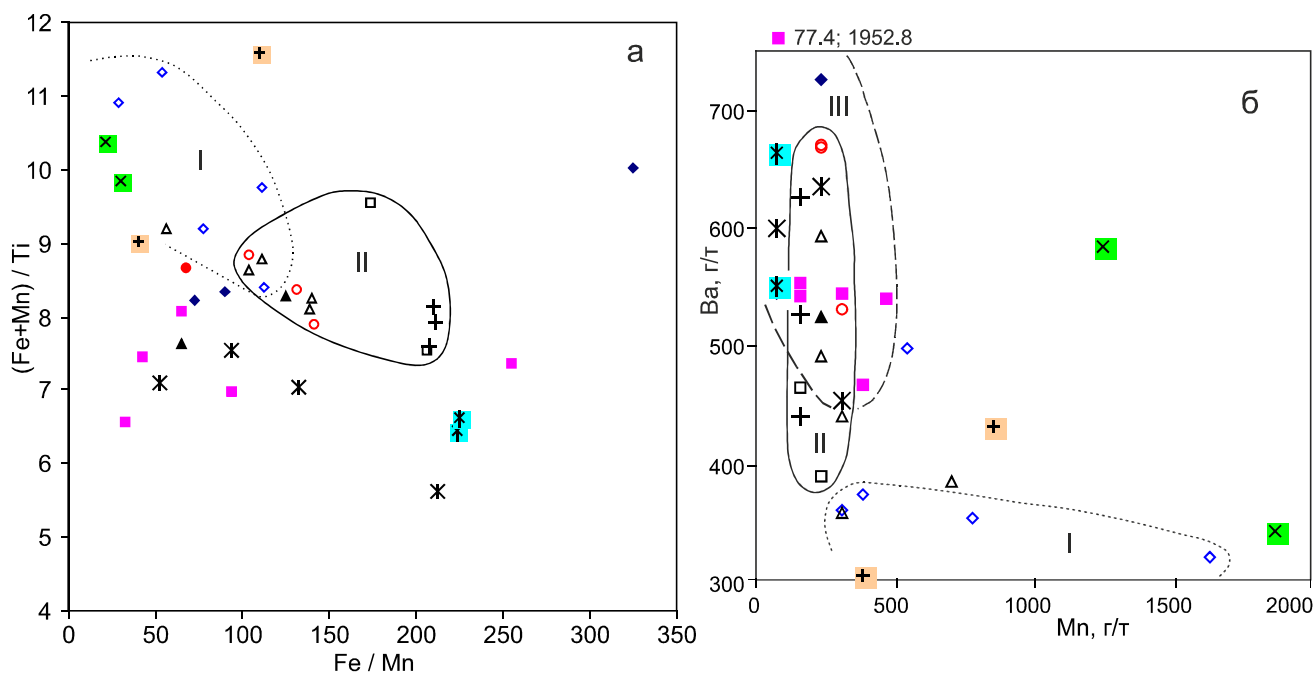


Рис. 9. Положение фигуративных точек пород на индикаторных диаграммах:

а – Fe/Mn–(Fe+Mn)/Ti, б – Mn–Ba. Условные обозначения на рис. 5, 8.

[1, стр. 225]. Меньшие значения Fe/Mn в алевролитах «крайнего» севера (28.7–112.9) по сравнению с таковыми в алевролитах более южных частей разреза (103.4–210.9) обусловили локализацию их фигуративных точек в изолированном поле I (рис. 9 а) и свидетельствуют о больших глубинах осадконакопления во время формирования немой толщи «крайнего» севера.

Отношение (Fe + Mn)/Ti, получившее в дальнейшем название «океанский модуль Н.М. Страхова», позволяет выявлять поступление элементов из глубинных источников в срединно-океанических хребтах (СОХ), зонах рифтогенеза и в активных частях океанического дна. Н.М. Страхов исследовал значения (Fe+Mn)/Ti в отложениях современных водоемов, лишенных проявлений вулканизма (Черное, Каспийское, Аральское моря, оз. Балхаш) и наметил «...те пределы величин железо-марганцево-титанового модуля, какие следует рассматривать в качестве типично терригенных. Это – $10-20 \pm 5$ » [18, стр. 25]

Он предложил «...значения модуля, заметно превышающие 25, например, 30, 40, 50 и более, ...рассматривать как достоверное доказательство участия в осадке эксгалативного компонента» [там же]. В осадках изученных им водоемов зафиксированы и меньшие значения модуля от 4–5 до 7–10 [там же].

В целом в песчаниках Комсомольского разреза значения «модуля Н.М. Страхова» (5.4–10) меньше его значений в алевролитах (7.0–11.3). Находясь

в интервале так называемых терригенных величин, те и другие показывают отсутствие глубинных эксгалаций в позднеюрско-раннемеловом краевом море (табл. 1, 2). Более высокие значения (Fe+Mn)/Ti в алевролитах «крайнего» севера (8.4–11.3) по сравнению с таковыми значениями в алевролитах более южных участков разреза (7.0–9.6) могут свидетельствовать об относительной глубоководности толщи «крайнего» севера.

Я.Э. Юдовичем и М.П. Кетрис, изучавшими геохимию марганца, отмечено, что «в ряду топографических (батиметрических) фаций «континентальные – прибрежно-морские – бассейновые» содержания марганца в осадках и осадочных породах как правило нарастают» [25, стр. 34]. В соответствии с этим заключением наибольшие содержания Mn в изученных породах «крайнего» севера подтверждают вывод о большей глубине их накопления по сравнению с отложениями южных частей разреза. Локализация фигуративных точек пород в изолированных друг от друга полях I и II на диаграмме Mn–Ba наглядно демонстрирует данный вывод (рис. 9 б).

О глубоководности и удаленности от берега свидетельствует также малое количество песчаных прослоев в толще «крайнего» севера. На палеогеографической схеме, приведенной в монографии [17], район Комсомольского разреза находится в зоне умеренно-глубоководной седиментации.

3. Во время формирования немой толщи «крайнего» севера в водоем поступало больше магматического материала основного состава по сравнению с периодами формирования отложений других частей разреза.

Это мог быть обломочный материал разрушаемой суши или пепловый вулканический, или тот и другой. В целом область сноса для рассматриваемых пород была сиалической сушей, сложенной разновозрастными магматическими, осадочными и метаморфическими породами. Но состав изученных пород свидетельствует о преимущественно кислом составе материнских пород. Следует отметить, что в данном случае литохимическая диагностика влияния на седиментацию процессов эксплозивного вулканизма сильно осложнена тем, что формирование пород происходило в обстановке, связанной с режимом лавинной седиментации [17, 23]. Явного присутствия продуктов эксплозивного вулканизма (как кислого, так и основного) не фиксируется, поскольку рассматриваемые породы не обладают аномальными (низкими или высокими) значениями ТМ, повышенными значениями ФМ и ЖМ, а также не содержат концентраций $MgO > 3\%$ [23, 24].

Тем не менее, более высокие содержания в породах «крайнего» севера TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , MnO , Ni и V , а также значения ТМ, ФМ, ЖМ (табл. 1, 2, рис. 10) позволяют предполагать относительно большее поступление в водоем материала основного состава во время их образования.

Обломочный материал основного состава (наряду с преобладающим кислым) поступал в бассейн и во время формирования отложений южных выходов Комсомольского разреза. Петрографические данные это подтверждают, а именно: среди обломков пород в песчаниках присутствуют обломки сильно измененных вулканических пород и хлоритовых сланцев. Хлоритовый цемент песчаников также указывает на участие основной пирокластике в формировании изученных пород.

ВЫВОДЫ

Сходство литохимических параметров разновозрастных пород из юго-западной и северо-восточной частей Комсомольского разреза свидетельствует о расположении пород на крыльях синклиальной складки.

Толща «крайнего» севера отличается по составу от других толщ и, возможно, она наиболее древняя. Но для уточнения ее возраста необходимо провести дополнительные исследования.

Повышенные содержания TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , MnO , Ni , V в породах этой толщи обусловлены нали-

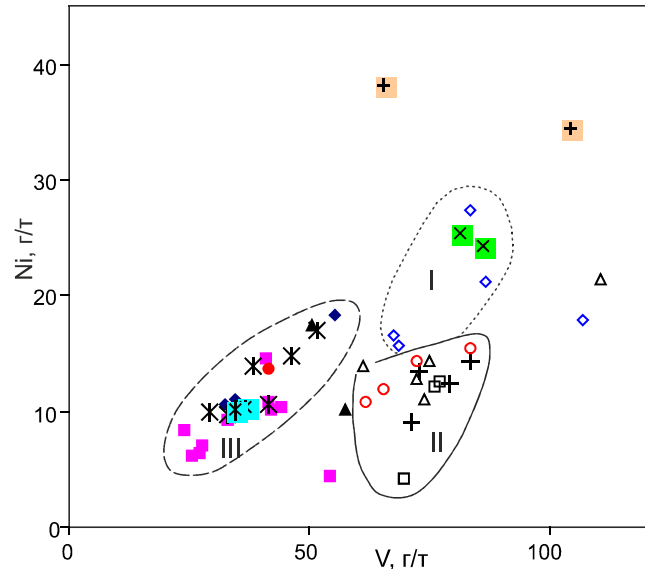


Рис. 10. Положение фигуративных точек осадочных пород на диаграмме V–Ni. Условные обозначения на рис. 5, 8.

чием компонентов магматических пород основного состава.

Основная часть отложений Комсомольского разреза формировалась в прибрежно-морских обстановках. Породы толщи «крайнего» севера образовались в более глубокой части бассейна.

Содержания оксидов и значения различных модулей в «сланцах» экзотического блока свидетельствуют об их чужеродном происхождении.

Попытка использования литохимических методов исследования терригенных пород в качестве дополнительных аргументов для корреляции дала положительный результат. Выводы, полученные по итогам исследования валового химического состава терригенных пород, хорошо согласуются с выводами, полученными палеонтологическим и структурным методами, что повышает надежность тех и других.

Вместе с тем, для детализации строения протяженного Комсомольского разреза необходимо продолжить комплексное изучение, в том числе требуется проведение специализированных структурных исследований.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит Г.Л. Кириллову, О.С. Дзюбу, О.С. Урман, А.В. Кудымова за участие в полевых работах, Т.Л. Карпову за помощь в оформлении рисунков.

Автор выражает признательность рецензентам за весьма полезные вопросы, замечания и предложения, которые имели большое значение при завершении работы.

Работа выполнена по теме НИР института «Строение, эволюция и ресурсный потенциал основных типов структур континентальной литосферы Дальнего Востока России и сопредельных областей: тектоника, стратиграфия, геодинамика и металлогения.» (№ 0292-2018-0003).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко О.Б., Михайлова И.А. Краткий определитель ископаемых беспозвоночных / Под ред. В.Н. Шиманского. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Недра, 1984, 536 с.
2. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Лист М-53 (Хабаровск) / М-во природы РФ. ФГУП ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского. ФГУП «Дальгеофизика». 2008 г.
4. Зюнова Т.Д., Языкова Е.А. Ауцеллины мела Сихотэ-Алиня // Тихоокеан. геология. 2004. Т. 23, № 2. С. 92–107.
5. Интерпретация геохимических данных / Под ред. Е.В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
6. Калинин Е.А. Слои с *Vuchia* в разрезе юры-нижнего мела на реке Амур (Хабаровский край) и корреляция с бореальным стандартом // Палеонтология, биостратиграфия и палеогеография бореального мезозоя: Материалы науч. сес. Новосибирск: АИ «ГЕО», 2006. С. 93–97.
7. Кириллова Г.Л., Кудымов А.В., Медведева С.А., Дзюба О.С., Урман О.С., Колтун П.А., Злобин Г.А. Вести из экспедиции к Кузнецовскому тоннелю (северный Сихотэ-Алинь). Ссылка: Информация 101109 (2010), Вестн. ОНЗ РАН, 2, Вып. 11, ноябрь 2010. ISSN 1819-6586 url: http://onznnews.wdcb.ru/news10/info_101109.html
8. Малиновский А.И., Тучкова М.И. Литохимия палеоостроводужных комплексов орогенных поясов Дальнего Востока России // Тихоокеан. геология. 2010. Т. 29, № 5. С. 5–22.
9. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретация полученных данных. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.
10. Маслов А.В., Мизенс Г.А., Подковыров В.Н., Гареев Э.З., Сорокин А.А., Смирнова Ю.Н., Сокур Т.М. Синорогенные псаммиты: основные черты геохимии // Литология и полез. ископаемые. 2013. № 1. С. 70–96.
11. Медведева С.А. Новые данные о химическом составе юрско-нижнемеловых осадочных пород Буреинского бассейна (Дальний Восток России) // Тихоокеан. геология. 2016. Т. 35, № 4. С. 65–82.
12. 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. Хабаровск: ИТиГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 2003. С. 86–97.
13. Осипова Н.К. Геологическая карта СССР. 1:200 000. Серия Нижнеамурская. Лист М-53-XVII: Объясн. зап. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 79 с.
14. Прокопьев А.В., Ивенсен Г.В. Реконструкция питающих провинций позднемеловых Аркагаалинских впадин (Северо-Восток Азии) // Отеч. геология. 2006. № 5. С. 81–91.
15. Решения Четвертого межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья (г. Хабаровск, 1990). Хабаровск, 1994.
16. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. Шванов В.Н., Фролов В.Т., Сергеева Э.И. и др. СПб.: Недра, 1998. 352 с.
17. 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).
18. Страхов Н.М. Проблемы геохимии современного океанского литогенеза. М.: Наука, 1976. 300 с.
19. Урман О.С., Дзюба О.С., Кириллова Г.Л., Кудымов А.В., Медведева С.А. Двустворчатые моллюски верхней юры-нижнего мела Комсомольского разреза (Дальний Восток): предварительные результаты // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Четвертое Всерос. совещание. Санкт-Петербург, 26–30 сентября 2011 г.: Науч. материалы. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. С. 232–234.
20. Урман О.С., Дзюба О.С., Кириллова Г.Л., Шурыгин Б.Н. Бухии и биостратиграфия пограничных юрско-меловых отложений в Комсомольском разрезе // Тихоокеан. геология. 2014. Т. 33, № 5. С. 34–46.
21. Шванов В.Н. Общие закономерности распространения петрографических групп песчаных пород в структурно-тектонических элементах континентов и океанов // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1998. Т. 73. Вып. 2. С. 34–42.
22. Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. 1967. № 5. С. 86–103.
23. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
24. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические и минералогические индикаторы вулканогенных продуктов в осадочных толщах. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 412 с.
25. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основные закономерности геохимии марганца. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2013. 40 с.
26. Harnois L. The CIW index: a new chemical index of weathering // *Sedimentary Geol.* 1988. V. 55. P. 319–322.
27. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // *J. Sedimentary Petrol.* 1988. V. 58, N 5. P. 820–829.
28. Kirillova G.L., Natal'in B.A., Zybrev S.V. et al. Upper Jurassic-Cretaceous deposits of East Asian continental margin along the Amur River. Field excursion guidebook / G.L. Kirillova (Ed.). Khabarovsk, 2002. 71 p.
29. Maynard J.B., Valloni R., Yu H.S. Composition of modern deep-sea sands from arc related basins // *Trench-Forearc Geology. Sedimentation and tectonics of modern and ancient plate margins.* 1982. P. 551–561.
30. Moosavirad S.M., Janardhana M.R., Sethumadhav M.S., Moghadam M.R., Shankara M. Geochemistry of Lower Jurassic shales of the Shemshak Formation, Kerman Province, Central Iran: Provenance, source weathering and tectonic setting // *Chemie der Erde* 71. 2011. P. 279–288.
31. Nesbitt H.W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate

- motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. V. 299. P. 715–717.
32. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // J. Geol. 1986. V. 94, N 5. P. 635–650.
33. Verma S.P., Armstrong-Altrin J.S. New multi-dimensional diagrams for tectonic discrimination of siliciclastic sediments and their application to Precambrian basins // Chem. Geol. 2013. V. 355. P. 117–133.
34. Yan Yi, Xia Bin, Lin Ge, Cui Xuejun, Hu Xiaoqiong, Yan Pin, Zhang Faqiang. Geochemistry of the sedimentary rocks from the Nanxiong Basin, South China and implications for provenance, paleoenvironment and paleoclimate at the K/T boundary // Sedimentary Geol. 2007. V. 197, N 1–2. P. 127–140.

Рекомендована к печати А.В. Колосковым
после доработки 6.12.2018 г.
принята к печати 13.03.2019 г.

S.A. Medvedeva

The possibility of using lithochemistry for comparison and correlation of the deposits on the example of the Komsomolsk section of northern Sikhote-Alin, Far East of Russia

The possibility of using lithochemistry for comparison and correlation of terrigenous deposits and paleoreconstructions of facies sedimentation environments is shown on the example of the Komsomolsk section. The fulfilled works and analysis of the first data on the content of chemical components and the values of lithochemical modules of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous rocks of the Komsomolsk section confirm the folded structure of this section, previously identified by other methods. It is established that the layers of the southwestern and northeastern parts of the section are the wings of one fold, and the "mute" thickness, exposed in the most northeastern part of the section, lies at its base. The importance of combining different methods is noted.

Key words: sandstones, siltstone, lithochemical parameters, Jurassic, Cretaceous, Komsomolsk section, Sikhote-Alin, Far East of Russia.