

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ЮРСКО-НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД БУРЕЙНСКОГО БАССЕЙНА (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](mailto:medvedeva@itig.as.khb.ru)

Поступила в редакцию 20 марта 2015 г.

Рассматриваются особенности распределения породообразующих элементов в юрско-нижнемеловых осадочных породах междуречья Солони–Умальта (Буреинский осадочный бассейн). Данные о валовом химическом составе пород получены впервые. Показано, что основными источниками кластического материала были магматические породы кислого состава, а магматические породы среднего состава, богатые кварцем осадочные и метаморфические породы играли подчиненную роль. Предполагается, что основная масса кластики поступала с запада и юго-запада (Буреинский массив), а меньшая часть – с востока. Наиболее резкие литохимические различия между ниже-среднеюрскими и верхнеюрско-нижнемеловыми породами фиксируют перерыв в седиментации.

**Ключевые слова:** песчаники, глинисто-алевролитовые породы, литохимия, юра, мел, Буреинский осадочный бассейн, Дальний Восток России.

**ВВЕДЕНИЕ**

В основу данной публикации положен оригинальный материал, полученный в результате изучения валового химического состава юрско-нижнемеловых осадочных пород Буреинского осадочного бассейна. Главной целью исследований было показать литохимические особенности этих пород и, на основании их анализа, определить состав и положение основных источников кластического материала.

В Буреинском бассейне находятся месторождения каменного угля и газа, есть перспективы расширения их запасов и возможного обнаружения нефти. При поисках и разведке месторождений проводились геолого-геофизические работы разной степени детальности, в том числе и тематические, основная часть которых была посвящена верхнеюрским и меловым отложениям продуктивной угленосной толщи [2, 5, 9, 13, 16 и др.]. Некоторые данные о химическом составе отдельных типов пород уже были опубликованы [10, 11], однако в настоящей работе приведен состав всех изученных разновидностей пород.

**ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Каменный материал получен при изучении коренных выходов пород вдоль железнодорожной Бай-

кало-Амурской магистрали (р. Солони), в выемках и карьерах автомобильных дорог по левобережью р. Солони, правобережью рек Эльганджа, Чегдомын и Умальта в 2009–2011 гг.

Были проведены минералого-петрографические исследования с помощью поляризационного микроскопа (петрограф М.К. Жевержева). Содержания породообразующих оксидов в 85 пробах определялись рентгенофлуоресцентным методом в лаборатории рентгеноспектрального анализа СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан, аналитики Т.Д. Борходоева и В.И. Мануилова). Обработка данных произведена по методике литохимии, с помощью так называемого отечественного «Стандарта ЮК» [19]. Кроме того применялись более ранние химические классификации [12, 24].

**КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК**

Буреинский бассейн (Бб) считается краевым (передовым) прогибом [6] на восточной окраине Буреинского массива, который является составной частью Цзямусы-Ханкайско-Буреинского супертеррейна (рис. 1). В юрское время Бб составлял единое целое с Гуджикским, Бирским прогибами и прогибами на территории Китая. Стратиграфический разрез юры в центральной части бассейна состоит из нижнеюрской дешской ( $J_1d\check{s}$ ), среднеюрских синкальтинской ( $J_2sn$ ),

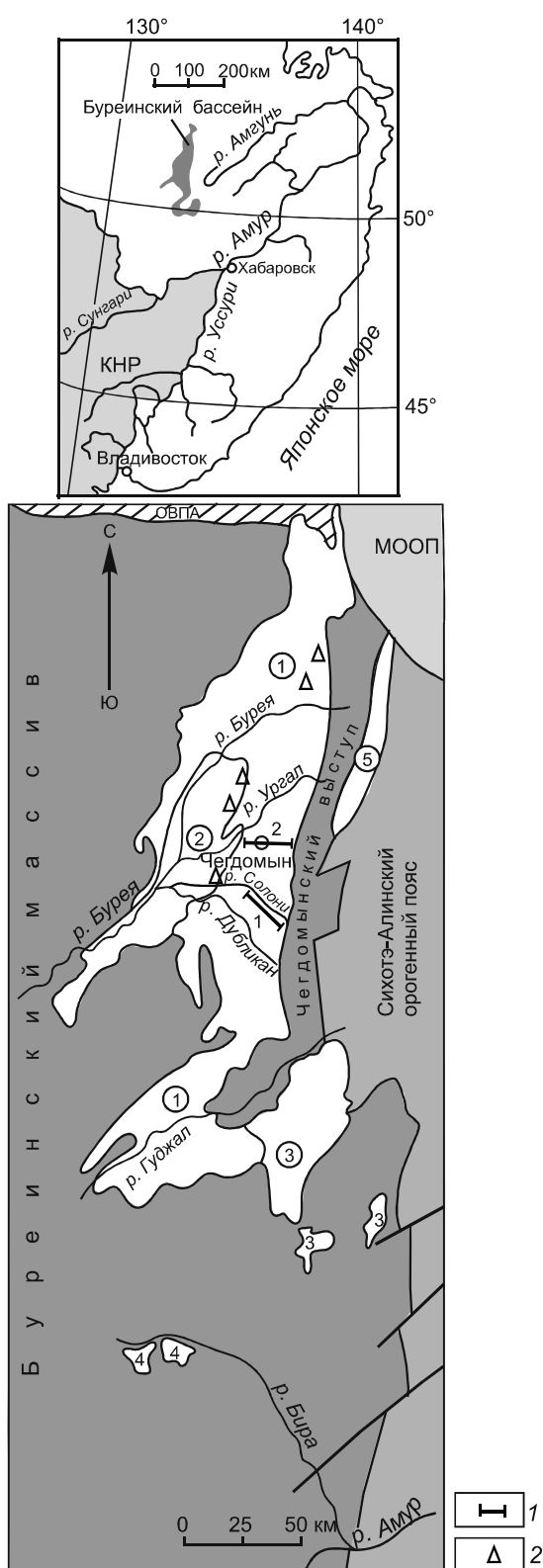


Рис. 1. Буреинский бассейн и его элементы, по [11, со ссылкой на 7].

Прогибы (цифры в кружках): 1 – Буреинский; 2 – Кындальский; 3 – Гуджикский; 4 – Бирский; 5 – Сивакский. МООП – Монголо-Охотский орогенный пояс; ОБПА – Огоджинский вулcano-плутонический ареал. Места отбора проб: 1 – по разрезам вдоль рек Солони (1), Чедомын и Эльганджа (2); 2 – в отдельных выемках автодорог.

эпиканской ( $J_2ep$ ), эльгинской ( $J_2el$ ), чаганыйской ( $J_2c\check{g}$ ), талынджанской ( $J_{2-3}tl$ ) и верхнеюрской дубликанской ( $J_3db$ ) свит (рис. 2). Меловой разрез сложен солонийской ( $K_1sn$ ), чагдамынской ( $K_1\check{c}g$ ), чемчукинской ( $K_1\check{c}m$ ), иорекской ( $K_1jr$ ) и кындальской ( $K_{1-2}kn$ ) свитами. Мощность юрских отложений варьирует от 4300 до 7500 м, меловых – от 2500 до 3500 м.

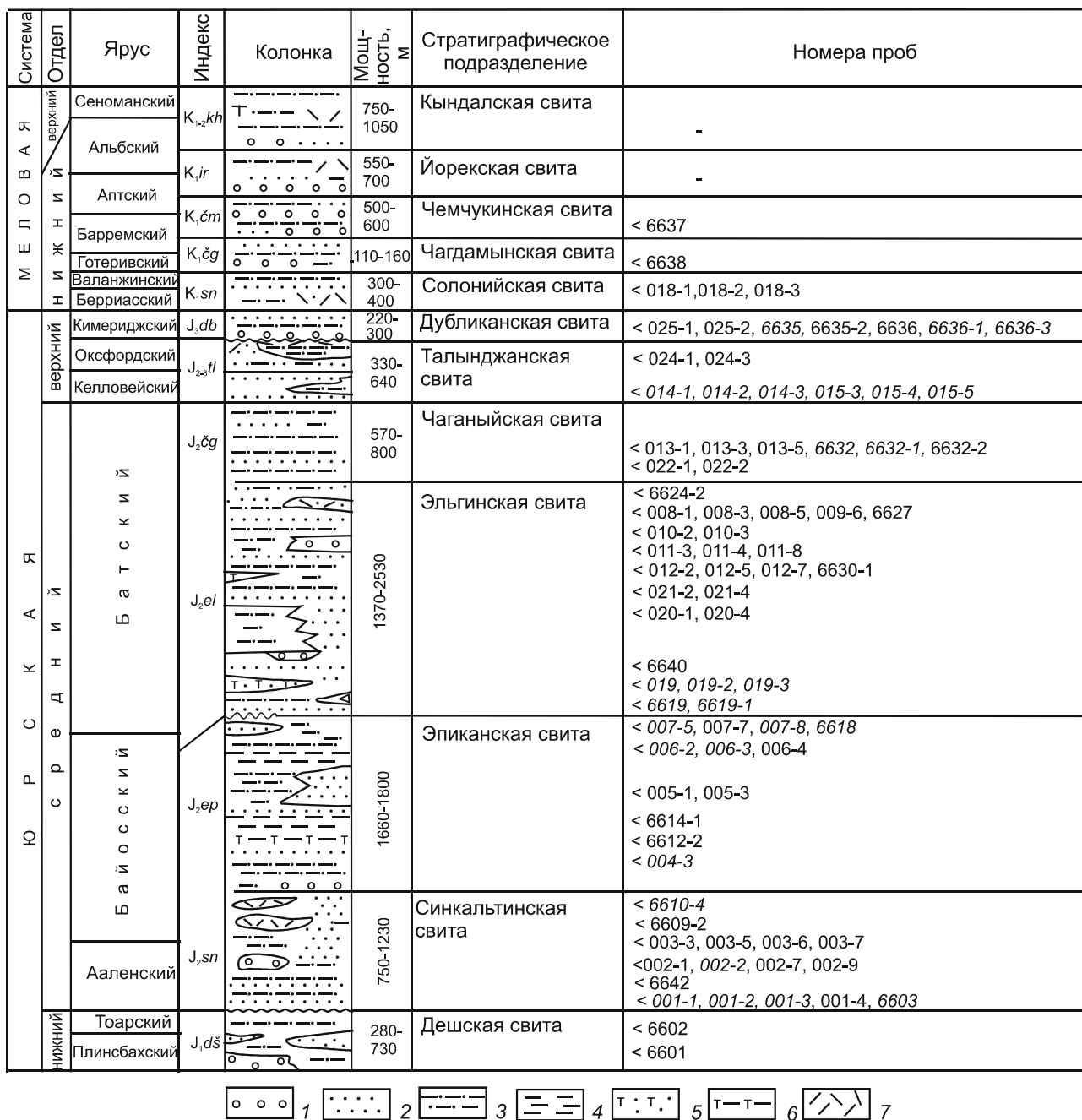
Юрско-меловая осадочная толща представлена переслаиванием конгломератов, гравелитов, песчаников, алевролитов, аргиллитов, их известковистых и туфогенных разновидностей, туфов кислого состава (рис. 2, фото 1). В строении толщи отмечается цикличность разных порядков, выраженная в закономерной смене грубых пород более тонкими – от конгломератов до аргиллитов [7].

В разрезе по р. Солони преобладают алевролиты и песчаные алевролиты, а аргиллиты и песчаники находятся в подчиненном количестве. В юго-западном и северо-восточном направлениях количество песчаников увеличивается [1, 7]. В верхней части разреза (верхняя юра–нижний мел) присутствуют прослои и линзы углистых пород, углей и бентонитовых глин. Значительные перерывы в осадконакоплении наблюдались в позднем тоаре–аалене, позднем байосе, позднем оксфорде–кимеридже [1, 7].

#### МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД

Образцы коллекции разделены на две выборки: песчаники (преобладают мелкозернистые разновидности) и глинисто-алевролитовые породы (преобладают алевролиты и песчаные алевролиты, реже аргиллиты).

**Песчаники.** Это серовато-желтовато-белые, светло-серые до серого и темно-серого цвета породы (фото 2). Текстура массивная, тонкая параллельнослоистая, пятнистая, «мусорная». Контакты между слоями ровные, слабоизвилистые, рваные, зубчатые, четкие и/или неясновыраженные. Иногда в светлом песчанике отмечаются нитевидные прослойки черного материала (глинистые примазки или растительный детрит). Известковистые разновидности внешне чаще всего не отличимы от неизвестковистых. Размер обломков в основном 0.1–0.5 мм, реже 0.05 мм или 1.0 мм. Обломки окатаны плохо (фото 3, а–г). Содержание кластического материала (кварц, калиевые полевые шпаты, кислые плагиоклазы, слюды, различ-



**Рис. 2.** Схематическая стратиграфическая колонка юрско-нижнемеловых отложений центральной части Буреинского осадочного бассейна, по [1], с дополнениями и упрощениями.

1 – конгломераты, 2 – песчаники, 3 – алевролиты, 4 – аргиллиты, 5 – туфопесчаники, 6 – туфоалевролиты, 7 – туфы, туффиты кислого состава. Номера проб пород: прямой шрифт – песчаники, курсив – глинисто-алевролитовые породы. Представлен опробованный интервал осадочной толщи.

ные породы и аксессуарные минералы) колеблется от 60–70 до 90–95 %, цемента – от 5–10 до 30–40 %.

Среди аксессуарных минералов встречаются единичные зерна циркона, сфена, граната, цоизита, апатита, турмалина, роговой обманки, эпидота, амфибола, пироксена, монацита, а также рудные – от 1–2 до

5 %. Аутигенные минералы представлены единичными зернами глауконита и хлорита (последнего иногда до 1 %).

Цемент базальный, поровый, пленочный, соприкосновения, по составу – кварцевый, гидрослюдистый, серицит-гидрослюдистый, серицит-кварцевый, кальци-



**Фото 1.** Коренные выходы осадочных пород на левобережье р. Солони.

а – светлые прослои песчаников (левая нижняя часть обнажения, т.н. 6632-2) и известковистых аргиллитов (правая верхняя часть обнажения, т.н. 6632-1) среди темных глинисто-алевролитовых пород чаганьской свиты (т.н. 6632),  $J_2\epsilon g$ ; б – массивный песчаник эпиканской свиты,  $J_2\epsilon p$ ; в – контакт массивных песчаников (внизу) и скорлуповатых алевролитов (вверху) синкальтинской свиты,  $J_2\epsilon n$ . Все фото к статье сделаны С.А. Медведевой, кроме 1а (фото О.С. Дзюбы).

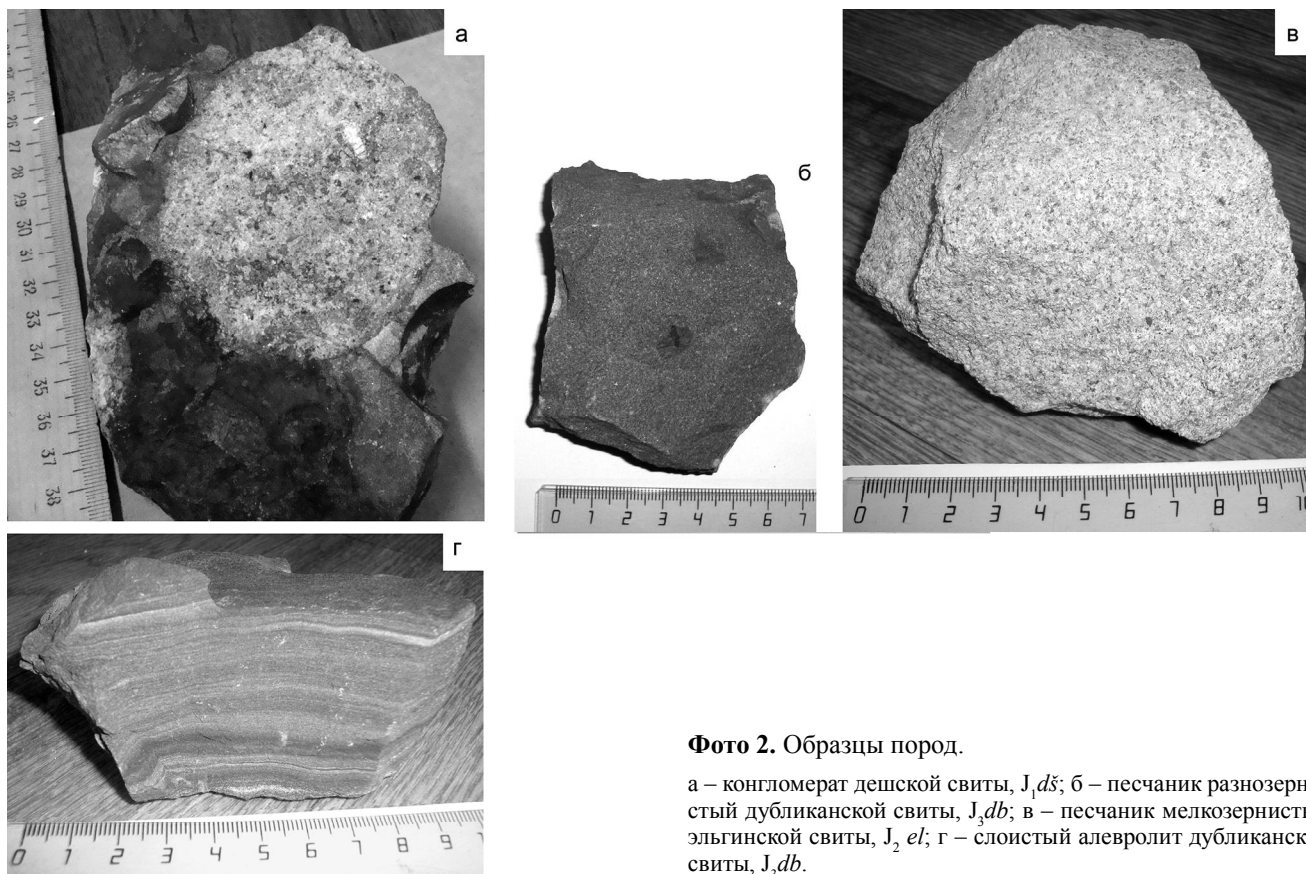
товый, железистый, редко хлоритовый. В одном шлифе могут присутствовать разные типы цементов. В известковистых песчаниках преобладает карбонатный цемент. На классификационной треугольной диаграмме В.Д. Шутова [18] фигуративные точки песчаников располагаются в поле полевошпатовых граувакк (содержание обломков пород 25–74 %), граувакковых аркозов и аркозов (содержание обломков пород 8–25 %) (рис. 3). Согласно классификации В.Н. Шванова [15, 17], по породному составу магматических обломков выделяются граувакки повышенной основности, основные граувакки, граувакки среднего состава и кислые граувакки. Среди обломков пород в изученных граувакках доминируют граниты, кислые (реже основные и средние) эффузивные породы, что позволяет относить граувакки к петрокластическим кислым грауваккам.

**Глинисто-алевролитовые породы.** Темно-серые, черные, иногда с буроватым или слабым белесым оттенком (известковые разновидности), однородные, слабопятнистые или тонкослоистые породы (фото 2 г). В некоторых образцах наблюдаются тонкие включения и линзочки черного растительного детрита. На плоскостях напластования часто отмечаются скопления слюд. В проходящем свете глинисто-алевролитовые породы серые, известковые разновидности – бурые. Структура псаммо-алевритовая, алевритовая, пелитовая (фото 3 д–ж). Размер обломков –



**Рис. 3.** Породообразующие компоненты мезозойских песчаников центральной части Буреинского бассейна.

Фигуративные точки песчаников и поля свит: 1 – дешская, 2 – синкальтинская, 3 – эпиканская, 4 – эльгинская, 5 – чаганьская, 6 – талынджанская, 7 – дубликанская, 8 – солонийская. Q – кварц, L – породы, F – полевые шпаты.



**Фото 2.** Образцы пород.

а – конгломерат дешской свиты,  $J_1 d\delta$ ; б – песчаник разнозернистый дубликанской свиты,  $J_3 db$ ; в – песчаник мелкозернистый эльгинской свиты,  $J_2 el$ ; г – слоистый алевролит дубликанской свиты,  $J_3 db$ .

0.01–0.1 мм, редко до 0.3 мм. В обломочной части кварц резко преобладает над полевыми шпатами и обломками пород.

**Туфы** – светло-серые с розоватым оттенком, массивные и неяснослоистые породы с редкими выделениями полевых шпатов. Микроструктура – мелкоалевритовая, пепловая, витрокристаллокластическая (фото 3 з). Содержание обломков минералов (преобладает кварц, редко встречаются плагиоклаз, серицит) достигает иногда 40 %. Основная масса (60–90 %) представлена слабо раскристаллизованным кислым вулканическим стеклом.

#### ВАЛОВЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КЛАССИФИКАЦИИ

В 48 пробах некарбонатных песчаников оксиды содержатся в следующих количествах (здесь и далее мас. %):  $SiO_2$  62.4–78.2,  $TiO_2$  0.17–0.88,  $Al_2O_3$  11–15.8,  $Fe_2O_3$  1.0–7.0,  $MgO$  0.08–3.37,  $CaO$  0.1–3.7,  $Na_2O$  1.32–4.9,  $K_2O$  1.45–5.0 (рис. 4)\*.

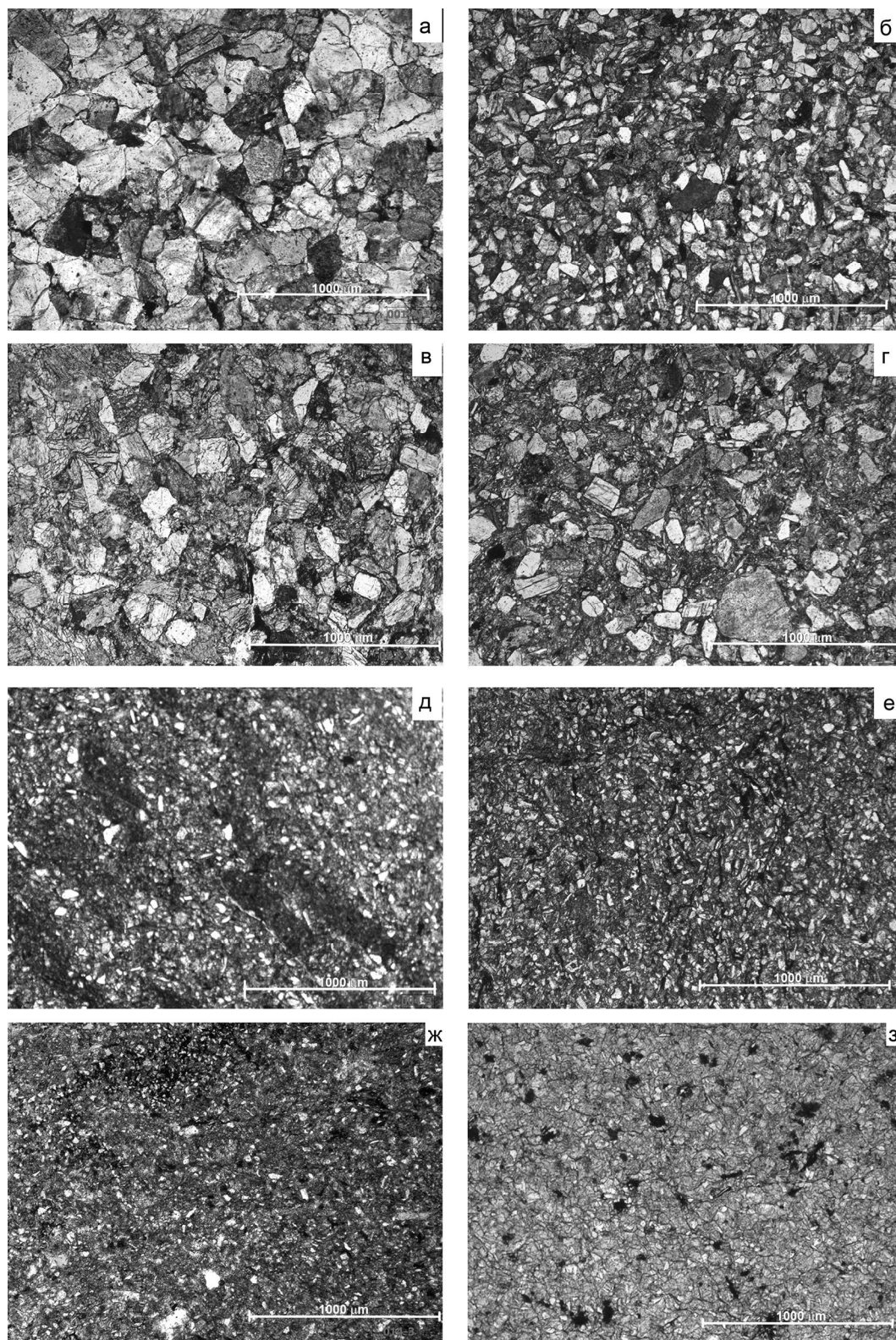
В глинисто-алевролитовых породах (20 проб) по сравнению с песчаниками содержится меньше  $SiO_2$ ,

$Na_2O$ , но больше  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$  ( $SiO_2$  57.9–67.5,  $TiO_2$  0.50–0.78,  $Al_2O_3$  13.5–18.4,  $Fe_2O_3$  1.9–6.1,  $MgO$  0.34–4.1,  $CaO$  0.22–4.2,  $Na_2O$  0.44–3.3,  $K_2O$  1.47–3.9). Известковистые разновидности выделены при содержаниях  $CaO$  выше 4 % (7 проб песчаников и 8 проб глинисто-алевролитовых пород). В туфах зафиксировано относительно высокое содержание  $SiO_2$  (сравнимое с таковым в песчаниках), мало оксидов железа и магния.

По классификации Ф. Петтиджона [12] большинство песчаников относятся к грауваккам и меньшая часть – к аркозам. Глинисто-алевролитовые породы по классификации М. Хиррона относятся к глинистым сланцам [24].

С помощью методики, рекомендованной «Стандартом ЮК» [19], совокупность анализируемых данных была разделена на 16 кластеров и 19 индивидуальных анализов, не подлежащих осреднению. Так называемый «сиаллитовый стандарт ЮК» был предложен Я.Э. Юдовичем и М.П. Кетрис [19] для характеристики литохимических особенностей силикатных пород. В нем используются нормированные содержания породообразующих оксидов или модули: гидролизатный  $ГМ = (TiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO + MnO) / SiO_2$ , алюмокремниевый  $АМ = Al_2O_3 / SiO_2$ , фемический  $ФМ =$

\* – полные результаты лабораторных определений приведены в приложении см.: <http://itig.as.khb.ru/POG/index.htm>.



**Фото 3.** Фотографии шлифов основных типов пород Буреинского бассейна.

Песчаники: а – гравакковый аркоз синкальтинской свиты,  $J_2sn$ , р. Солони; б – гравакковый аркоз эпиканской свиты,  $J_2ep$ , р. Солони; в – полевошпатовая граувакка чаганыйской свиты,  $J_2cg$ , р. Эльганджя; г – кварц-полевошпатовая граувакка эльгинской свиты,  $J_2el$ , р. Солони. Алевролиты: д – эпиканской свиты,  $J_2ep$ , р. Солони; е – эльгинской свиты,  $J_2el$ , р. Эльганджя; ж – алевролит известковистый талынджанской свиты,  $J_2tl$ , р. Солони; з – туф кислый пепловый эльгинской свиты,  $J_2el$ , р. Солони. Никели параллельны.

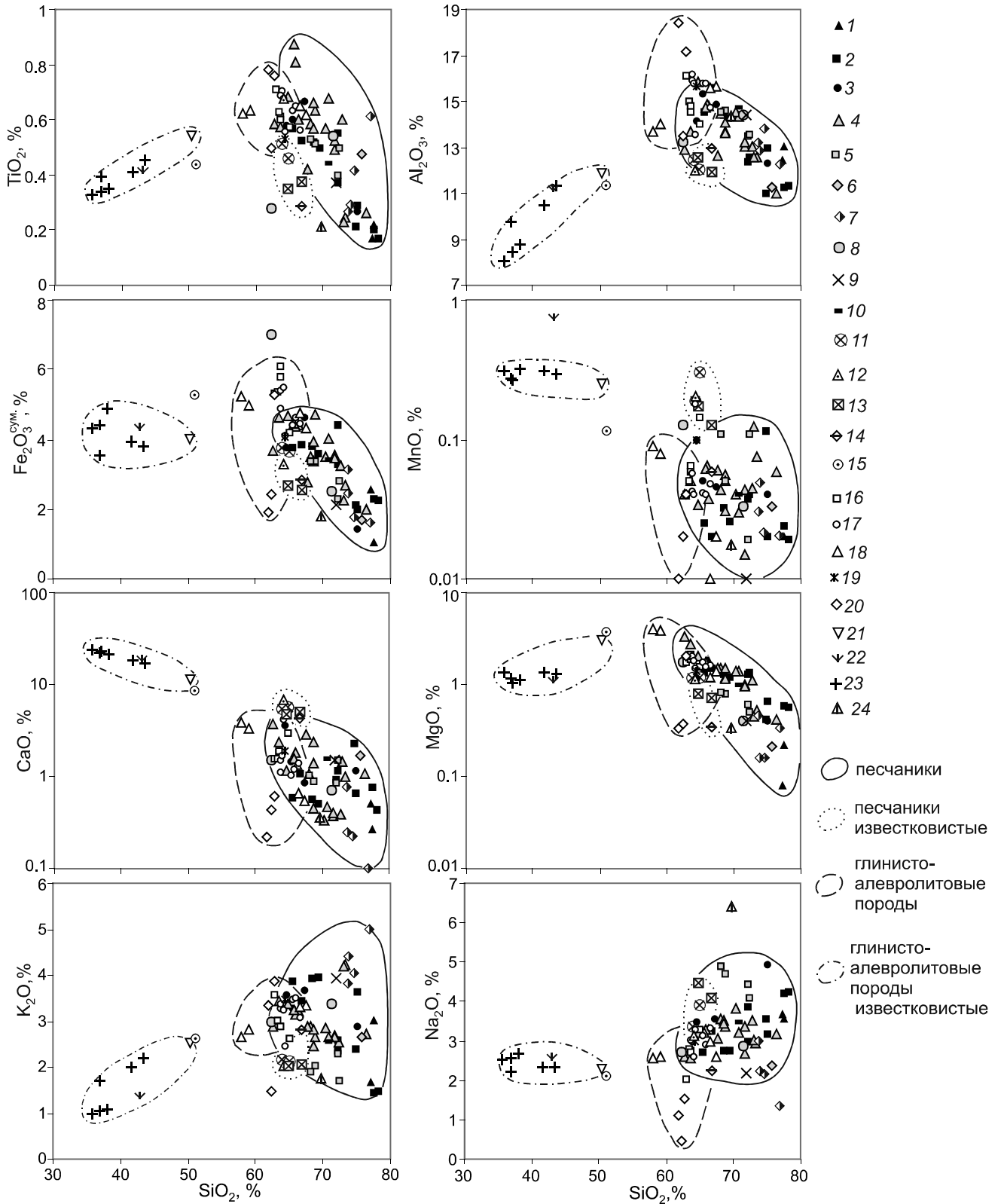


Рис. 4. Вариационные диаграммы юрско-нижнемеловых пород Буреинского бассейна.

1–10 песчаники свит: 1 – дешской, 2 – синкальтинской, 3 – эпиканской, 4 – эльгинской, 5 – чаганыйской, 6 – талынджанской, 7 – дубликанской, 8 – солонийской, 9 – чагдамынской, 10 – чемчукинской; 11–15 – известковистые песчаники свит: 11 – эпиканской, 12 – эльгинской, 13 – чаганыйской, 14 – талынджанской, 15 – солонийской; 16–20 – глинисто-алевролитовые породы свит: 16 – синкальтинской, 17 – эпиканской, 18 – эльгинской, 19 – чаганыйской, 20 – дубликанской; 21–23 – известковистые глинисто-алевролитовые породы свит: 21 – эльгинской, 22 – чаганыйской, 23 – талынджанской; 24 – туф эльгинской свиты.

$(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$ , титановый ТМ =  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , щелочной ЩМ =  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ , нормированная щелочность НКМ =  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ , железный ЖМ =  $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ , натриевый НМ =  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ , калиевый КМ =  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  (табл. 1, 2).

Следует отметить, что нормированная щелочность НКМ – это не что иное, как давно используемая в петрохимии величина – коэффициент агаитности [19].

Основным классификационным модулем является гидролизатный, по значению которого изученные песчаники относятся к типу силитов (ГМ меньше 0.3), глинисто-алевролитовые породы – к типу сиаллитов (ГМ от 0.31 до 0.39), почти все к подтипу истинных (содержания MgO меньше 3 %). Основной диаграммой для процедуры кластеризации служила диаграмма  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{ГМ}$  (рис. 5). Процедура состояла в объединении наиболее сближенных фигуративных точек пород на диаграмме. У объединяемых в кластеры составов и все другие характеристики были сходными. В кластер обычно входили составы пород определенной свиты. Свита могла быть охарактеризована одним или двумя кластерами и/или одним или несколькими индивидуальными составами.

Полевошпатовые *граувакки нижнеюрской* дешской свиты (табл. 3, кластер 1) аттестуются как щелочные супернатровые нормосилиты ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 5.96\%$ , НКМ = 0.47, ЩМ = 1.7, ГМ = 0.19).

Фигуративные точки *среднеюрских песчаников* на диаграмме  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{ГМ}$  компактно группируются в поле миосилитов, хотя несколько точек попадает в поле нормосилитов (рис. 5). В соответствии с принадлежностью к определенной свите было выделено несколько кластеров: II и IIa (синкальтинская

свита), III и IIIa (эпиканская свита), IV и IVa (эльгинская свита), V и Va (чаганыйская свита).

Две точки аркозов и одна точка граувакк нижней части синкальтинской свиты объединяются в кластер IIa, который по значениям модулей мало отличается от кластера I ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 5.7\%$ , НКМ = 0.50, ЩМ = 2.88, ГМ = 0.18). Литохимически кластеры I и IIa неразличимы, но различны по петрографическому составу. Обломков пород в граувакках содержится 47–74 % (в пересчете на 100 %), и они представлены гранитами, пегматитами, кислыми (реже средними) вулканитами, редко осадочными породами. Кварц составляет 13–21 %. В аркозах больше кварца (25–41 %), меньше обломков пород (12–15 %). Кислые магматические породы, содержащие много оксида кремния, обуславливают его высокое содержание в граувакках дешской свиты. Поэтому не следует объединять кластеры I и IIa, хотя литохимически это и выглядит логичным.

Высокие значения НКМ и ЩМ свидетельствуют о наличии полевых шпатов и хорошей сохранности плагиоклазов, а низкие титанистость, фемичность и железистость (ТМ = 0.015 и 0.018, ФМ = 0.03 и 0.04, ЖМ = 0.14 и 0.20 пород I и IIa кластеров, соответственно) – о кислом составе материнских пород, представленных кислыми вулканитами, реже гранитоидами и осадочными породами.

Песчаники среднеюрских кластеров II–V аттестуются, в среднем, как щелочные миосилиты ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  от 5.35 до 7.21, ГМ от 0.22 до 0.30), нормальные по остальным параметрам, кроме ЩМ, по которому они аттестуются как супернатровые (ЩМ = 0.83–2.36). Кроме этого следует отметить весьма вы-

**Таблица 1.** «Сиаллитовый стандарт» – подразделения сиаллитов и сиферлитов.

Класс	ГМ	ТМ	ЖМ*	ФМ	НКМ	АМ	ЩМ
Гипо-	0.30–0.33	≤ 0.030	≤ 0.30	≤ 0.10	≤ 0.20	< 0.20	< 0.30
Нормо-	0.34–0.48	0.030–0.070	0.30–0.55	0.11–0.20	0.21–0.40	0.20–0.35	0.30–1.50
Супер-	0.49–.55	0.071–0.100	0.56–0.70	0.21–0.25	0.41–0.45	0.36–0.40	1.51–3.00
Гипер-	нет	> 0.100	0.71–0.75	> 0.25	> 0.45	> 0.40	> 3.00

Примечание.\* – Только для сиаллитов.

**Таблица 2.** Градации силитов.

Класс	ГМ	ТМ	ЖМ*	ФМ	НКМ	АМ	ЩМ
Гипо-(мио)	0.20–0.30	≤ 0.020	≤ 0.20	≤ 0.03	≤ 0.20	≤ 0.05	≤ 0.20
Нормо-	0.11–0.20	0.021–0.080	0.21–0.70	0.04–0.10	0.21–0.50	0.06–0.20	0.21–0.80
Супер-	0.051–0.10	0.081–0.120	0.71–1.0	0.11–0.15	0.51–0.70	> 0.20	0.81–2.50
Гипер-	≤ 0.05	> 0.120	> 1.0	> 0.15	> 0.70	Нет	> 2.50

Примечание. ГМ – гидролизатный модуль  $(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/\text{SiO}_2$ ; ТМ – титановый модуль  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ; ЖМ – железный модуль  $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ ; ФМ – фемический модуль  $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$ ; НКМ – модуль нормированной щелочности  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ ; АМ – алюмокремниевый модуль  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ ; ЩМ – щелочной модуль  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ .



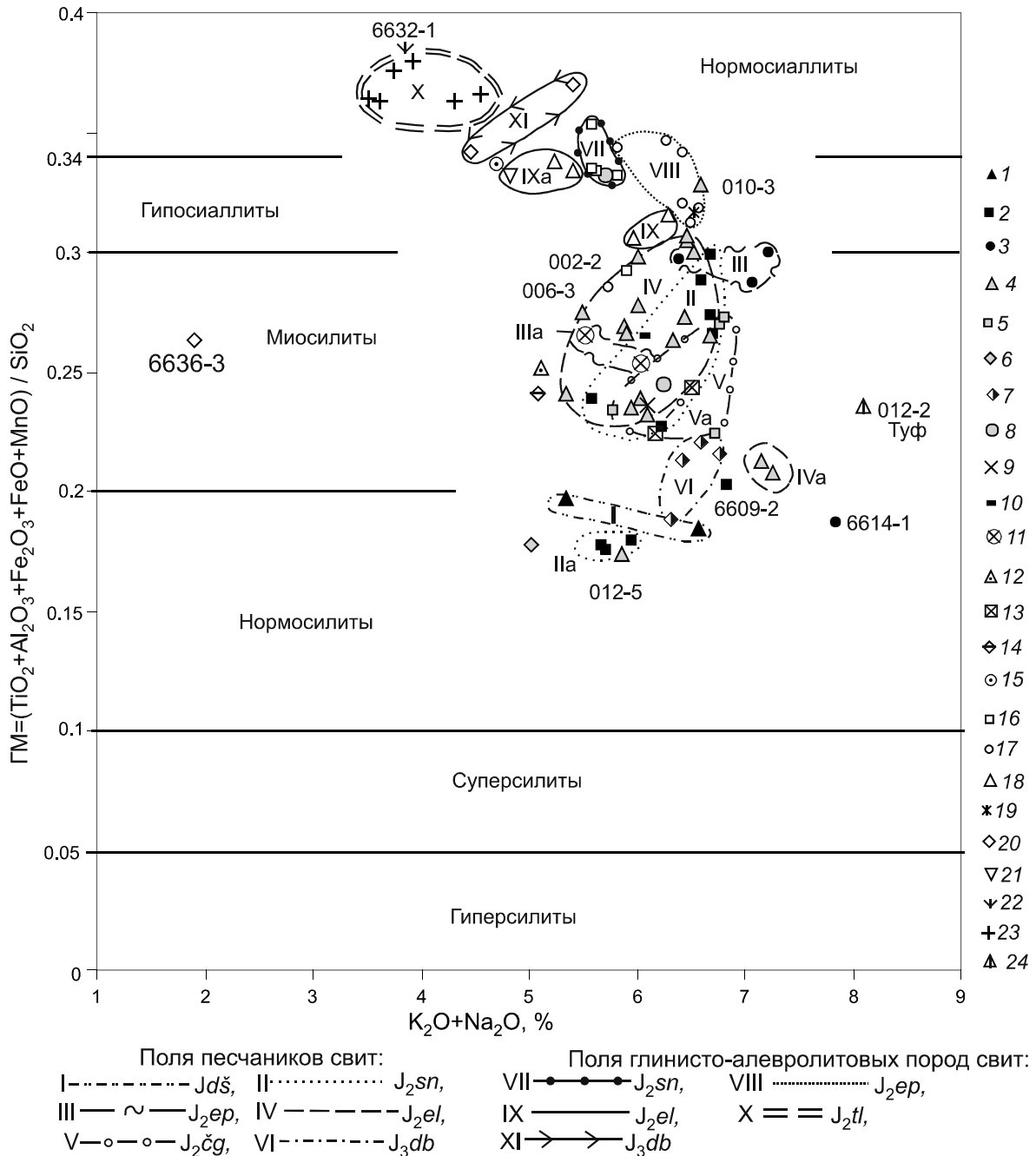


Рис. 5. Модульная диаграмма (K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)–ГМ юрско-нижнемеловых пород Буреинского бассейна.

1–10 песчаники свит: 1 – дешской, 2 – синкальтинской, 3 – эпиканской, 4 – эльгинской, 5 – чаганыйской, 6 – талынджанской, 7 – дубликанской, 8 – солонийской, 9 – чагдамынской, 10 – чемчукинской; 11–15 – известковистые песчаники свит: 11 – эпиканской, 12 – эльгинской, 13 – чаганыйской, 14 – талынджанской, 15 – солонийской; 16–20 – глинисто-алевролитовые породы свит: 16 – синкальтинской, 17 – эпиканской, 18 – эльгинской, 19 – чаганыйской, 20 – дубликанской; 21–23 – известковистые глинисто-алевролитовые породы свит: 21 – эльгинской, 22 – чаганыйской, 23 – талынджанской; 24 – туф эльгинской свиты.

сокие значения нормированной щелочности НКМ некоторых составов (НКМ = 0.52–0.57), по которым они аттестуются как суперщелочные.

Отличие кластера IIa от кластера II заключается в более низких значениях почти всех модулей. Исключе-

нием являются НКМ (0.50 и 0.46) и, особенно, ЩМ (2.88 и 0.83, соответственно). Разница НКМ показывает, что, вероятно, песчаники в кластере IIa – более кварцевые и менее полевошпатовые. Но в индивидуальном составе граувакки 6609-2 (синкальтинская свита) с еще

Таблица 3. Химический состав песчаников Буреинского бассейна

Свиты	дешская		синкальтинская		эпиканская		
Кластеры / составы вне кластера	I	II	II а	6609-2	III	III а	6614-1
Хемотипы	нормосилит	миосилит	нормосилит	миосилит	миосилит	карбонатсодержащий миосилит	нормосилит
Количество проб	2	6	3	1	3	2	1
SiO <sub>2</sub>	77.38	68.93	77.46	75.10	66.58	64.43	75.02
TiO <sub>2</sub>	0.20	0.52	0.20	0.29	0.58	0.49	0.27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.75	14.36	11.24	12.97	14.75	12.26	12.32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.79	3.79	2.24	1.97	4.44	3.70	1.41
MnO	0.02	0.03	0.02	0.02	0.05	0.25	0.04
MgO	0.15	1.32	0.57	0.66	1.36	1.23	0.40
CaO	0.39	0.76	0.76	0.67	1.43	5.57	1.15
Na <sub>2</sub> O	3.62	2.88	4.21	3.18	3.48	3.62	4.94
K <sub>2</sub> O	2.34	3.65	1.47	3.64	3.58	2.16	2.89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06	0.11	0.07	0.06	0.15	0.13	0.06
ппп	1.32	3.62	1.63	1.44	3.94	6.10	1.50
Сумма	100.00	99.90	99.93	100.00	99.91	99.92	100.00
Na <sub>2</sub> O+ K <sub>2</sub> O	5.96	6.63	5.70	6.82	7.06	5.77	7.83
ГМ	0.19	0.27	0.18	0.20	0.30	0.26	0.19
ЖМ	0.14	0.25	0.20	0.15	0.29	0.31	0.12
ФМ	0.03	0.08	0.04	0.04	0.09	0.08	0.02
АМ	0.16	0.21	0.15	0.17	0.22	0.19	0.16
ТМ	0.015	0.035	0.018	0.022	0.041	0.040	0.022
НКМ	0.47	0.46	0.50	0.53	0.48	0.47	0.64
ЦМ	1.70	0.83	2.88	0.87	0.97	1.68	1.71
НМ	0.28	0.20	0.37	0.25	0.24	0.30	0.40
КМ	0.18	0.24	0.13	0.28	0.25	0.18	0.23

более высоким НКМ = 0.53 содержание кварца умеренное (21 %), однако много обломков пород – 53 %.

Карбонатсодержащие песчаники кластеров IIIa (эпиканская свита) и Va (чаганыйская свита) вполне ожидаемо аттестуются миосилитами. По значениям модулей кластеры мало отличаются от кластеров III и V, различие состоит, в основном, в более высоких содержаниях CaO (рис. 4, табл. 3), на основании чего эти кластеры и выделены. Отмечены повышенные содержания MnO.

Архоз 6614-1 эпиканской свиты (индивидуальный состав) отличается от кластеров III и IIIa высоким содержанием SiO<sub>2</sub> = 75 %, суммы щелочей = 7.83, высоким НКМ = 0.64, пониженными ЖМ = 0.12 (гипожелезистый), ФМ = 0.02 (гипофемический). Аттестуется как суперщелочной нормосилит (ГМ = 0.19). Наиболее вероятно это объясняется повышенным содержанием в нем обломков кварца (44 % против 26–34 % в породах кластеров III и IIIa).

Эльгинские граувакки р. Эльганджи (кластер IVa) аттестуются как суперщелочные миосилиты (НКМ = 0.57, ГМ = 0.21).

Они отличаются от песчаников кластера IV преобладанием K<sub>2</sub>O над Na<sub>2</sub>O, более высокими со-

держаниями SiO<sub>2</sub> и суммы щелочей и, соответственно, более низкими значениями всех модулей, кроме НКМ и КМ (табл. 3). В составе обломочного материала много кварца (примерно 30 %), а обломки пород (30 %) представлены кислыми вулканитами, вулканическими стеклами, кварцитами, мелкозернистыми гранитами.

Индивидуальный состав граувакки 012-5 (эльгинская свита) отличается от кластеров IV и IVa высокими значениями SiO<sub>2</sub> = 76.3 % и НКМ = 0.54, но пониженными ЖМ = 0.18 и ФМ = 0.03. Аттестуется как гипожелезистый и гипофемический суперщелочной нормосилит (ГМ = 0.17). Такие ее особенности объясняются, прежде всего, петрографическим составом: кварца – 25 %, полевых шпатов – 25 % (поровну плагиоклазов и калиевых полевых шпатов), обломков пород, представленных в основном кислыми вулканитами, вулканическими стеклами, реже кварцитами и аргиллитами – 50 % (граувакка). Своеобразие состава еще одного песчаника (010–3) эльгинской свиты, аттестуемого как суперщелочной нормонатровый гипосиаллит, связано, вероятнее всего, с относительно более высоким содержанием в нем цемента.

Таблица 3. (Продолжение).

Свиты	эльгинская					чаганыйская	
	Кластеры / составы вне кластера	IV	IV а	010-3	012-5	6624-2	V
Хемотипы	миосилит		гипосиаллит	нормосилит	карбонат содержащий миосилит	миосилит	карбонат содержащий миосилит
Количество проб	15	2	1	1	1	4	2
SiO <sub>2</sub>	68.64	73.17	64.76	76.33	64.17	70.50	65.80
TiO <sub>2</sub>	0.59	0.24	0.69	0.26	0.67	0.51	0.36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.71	12.60	15.84	10.97	11.95	14.06	12.23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.66	2.45	4.67	2.00	3.23	3.08	2.63
MnO	0.04	0.10	0.03	0.06	0.20	0.08	0.15
MgO	1.49	0.49	2.07	0.42	1.11	0.72	0.75
CaO	1.34	1.23	1.15	1.06	6.72	0.98	4.97
Na <sub>2</sub> O	3.30	2.99	3.22	3.16	3.11	4.58	4.30
K <sub>2</sub> O	2.85	4.22	3.37	2.71	2.00	1.97	2.04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	0.05	0.17	0.06	0.15	0.15	0.12
ппп	3.87	2.40	3.95	2.87	6.69	3.58	6.59
Сумма	99.92	99.91	99.92	99.90	100.00	99.92	99.93
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	6.03	7.21	6.59	5.87	5.11	6.75	6.34
ГМ	0.27	0.21	0.33	0.17	0.25	0.25	0.23
ЖМ	0.27	0.20	0.28	0.18	0.27	0.22	0.22
ФМ	0.08	0.04	0.10	0.03	0.07	0.05	0.05
АМ	0.20	0.17	0.24	0.14	0.19	0.20	0.19
ТМ	0.042	0.019	0.043	0.024	0.056	0.036	0.030
НКМ	0.44	0.57	0.42	0.54	0.43	0.47	0.52
ЩМ	1.21	0.71	0.96	1.17	1.56	2.36	2.11
НМ	0.24	0.24	0.20	0.29	0.26	0.33	0.35
КМ	0.20	0.34	0.21	0.25	0.17	0.13	0.17

Аркозы верхнеюрской дубликанской свиты (кластер VI) аттестуются в среднем как суперщелочные (НКМ = 0.51) нормонатровые миосилиты (ГМ = 0.21). K<sub>2</sub>O резко преобладает над Na<sub>2</sub>O (самый низкий ЩМ из всех кластеров = 0.52), что отличает дубликанские песчаники от большинства песчаников других свит.

Положение фигуративных точек пород на диаграмме (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) – ГМ, принадлежность к разным свитам (составы 018-2, 6637, 6638) и разным классам (составы 018-1, 018-2, 018-3 солонийской свиты) принуждает характеризовать каждый нижнемеловой песчаник отдельно (табл. 3).

Два песчаника солонийской свиты (один из которых известковистый (состав 018-1, CaO = 8.44 %, SiO<sub>2</sub> = 51 %), аттестуются как суперщелочные (НКМ = 0.41–0.43) гипосиаллиты (ГМ = 0.33–0.337), нормальные по остальным модулям. Но известковистый песчаник 018-1 содержит MgO = 3.71 %, следовательно, он является псевдогипосиаллитом (табл. 3).

Песчаники солонийской (состав 018-2), чагдамынской и чемчукинской свит аттестуются как нормальные миосилиты (ГМ = 0.24–0.27), но составы 018-2 и 6637 супернатровые по ЩМ.

По ЖМ и ФМ миосилит из чагдамынской свиты гипожелезистый и граничит с гипофемическим, что роднит его с талынджанским нормосилитом и дубликанскими миосилитами.

Среднеюрские *глинисто-алевролитовые породы* синкальтинской, эпиканской, эльгинской (кластеры VII, VIII, IX) и чаганыйской (состав 6632) свит в среднем аттестуются как гипосиаллиты (ГМ = 0.31–0.33), щелочные по общей щелочности (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O = 5.6–6.4 %) и нормальные по остальным модулям (табл. 4).

Известковистый алевролит 019-1 и два алевролита эльгинской свиты (кластер IXa), содержащие MgO более 3 %, в среднем аттестуются как карбонат-содержащий псевдогипосиаллит.

Шесть известковистых глинисто-алевролитовых пород талынджанской свиты (кластер X) аттестуются как карбонатные суперщелочные супернатровые нормосиаллиты (ГМ = 0.37, CaO = 22 %, НКМ = 0.42, ЩМ = 1.87).

Три глинистых алевролита дубликанской свиты (кластер XI) аттестуются как гипожелезистые, гипофемические нормосиаллиты (ГМ = 0.36, ЖМ = 0.20, ФМ = 0.08), нормальные по другим модулям.

Таблица 3. (Окончание).

Свиты	талынджанская		дубликанс кая	солонийская			чагдамын- ская	чемчукин- ская
Кластеры / составы вне кластера	024-1	024-3	VI	018-2	018-3	018-1	6638	6637
Хемотипы	нормо- силит	карбонат- содержащий миосилит	миосилит	миосилит	гипо- сиаллит	карбонат содер- жащий псевдо- гипосиаллит	миосилит	миосилит
Количество проб	1	1	4	1	1	1	1	1
SiO <sub>2</sub>	75.79	66.77	74.26	71.37	62.39	51.04	71.87	70.36
TiO <sub>2</sub>	0.47	0.29	0.35	0.539	0.28	0.44	0.37	0.44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.26	12.97	13.00	14.43	13.26	11.36	14.42	14.74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.70	2.84	2.08	2.49	7.02	5.27	2.14	3.43
MnO	0.03	0.06	0.03	0.033	0.128	0.12	0.01	0.04
MgO	0.21	0.35	0.25	0.4	1.79	3.71	0.41	1.00
CaO	1.72	4.31	0.24	0.71	1.49	8.44	1.52	1.58
Na <sub>2</sub> O	2.38	2.26	2.18	2.85	2.73	2.09	2.17	3.48
K <sub>2</sub> O	2.65	2.83	4.21	3.39	2.99	2.61	3.92	2.56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07	0.06	0.04	0.14	0.074	0.13	0.07	0.10
пшп	3.62	7.19	2.58	3.55	7.77	14.72	3.10	2.28
Сумма	99.91	99.92	99.96	99.90	99.92	99.93	100.00	100.01
Na <sub>2</sub> O+ K <sub>2</sub> O	5.03	5.09	6.46	6.24	5.72	4.70	6.09	6.04
ГМ	0.18	0.24	0.21	0.25	0.33	0.34	0.24	0.27
ЖМ	0.15	0.22	0.15	0.17	0.53	0.46	0.15	0.23
ФМ	0.03	0.05	0.03	0.04	0.14	0.18	0.04	0.06
АМ	0.15	0.19	0.18	0.20	0.21	0.22	0.20	0.21
ТМ	0.042	0.022	0.03	0.037	0.021	0.038	0.026	0.030
НКМ	0.45	0.39	0.51	0.43	0.43	0.41	0.42	0.41
ЩМ	0.90	0.80	0.52	0.84	0.91	0.80	0.55	1.36
НМ	0.21	0.17	0.16	0.20	0.21	0.18	0.15	0.24
КМ	0.24	0.22	0.32	0.23	0.23	0.23	0.27	0.17

Если по сумме щелочей песчаники (силиты кла-  
стеров I–VI) и допозднеюрские глинисто-алевролити-  
вые породы (гипосиаллиты кластеров VII–IX) атте-  
стуются как щелочные ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 5\text{--}7.25\%$ ), то  
позднеюрские глинисто-алевролитовые породы (нор-  
мосиаллиты кластеров X–XI) не показывают повы-  
шенной общей щелочности ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 3.84$  и  $4.94$ ,  
соответственно).

В карбонатсодержащих индивидуальных соста-  
вах пород и кластерах нет каких-либо специфичных  
значений модулей. Карбонат в песчаниках присутству-  
ет в цементе пород и, иногда, в виде остатков фауны.

Известковистый аргиллит 6632-1 чаганыйской  
свиты из прослоя мощностью около 30–40 см, зале-  
гающего среди нормальных глинисто-алевролитовых  
пород (фото 1а), аттестуется как карбонатный ( $\text{CaO} = 18.2\%$ )  
нормощелочной ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 3.85\%$ ) супер-  
натровый (ЩМ = 1.94) нормосиаллит (ГМ = 0.39).

**Туф** эльгинской свиты (обр. 012–2) аттестуется  
как щелочной миосилит (ГМ = 0.23). По общей ще-

лочности 8.04 % (тип алкалитов) он дает резкий от-  
скок (рис. 5, табл. 4). Между туфом и некоторыми пес-  
чаниками разница по содержаниям SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ГМ не  
так очевидна. Оказалось, что часть песчаников, атте-  
стующихся как нормосилиты, имеет схожие с ним значе-  
ния модулей, что затрудняет надежную диагностику  
туфов. Тем не менее, низкие значения ТМ и повышен-  
ная общая щелочность в туфах (аналогичные таковым  
риолитов) [19] принуждают проверить правильность  
выделения туфа литохимическим методом. Наиболее  
резко меньшими значениями всех модулей и меньши-  
ми содержаниями фемических элементов туф отлича-  
ется от глинисто-алевролитовых пород (рис. 6).

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По литохимическим характеристикам в соответ-  
ствии со «Стандартом ЮК» [19] песчаники аттесту-  
ются как силиты (нормо- и мио-), глинисто-алевроли-  
товые породы как сиаллиты (нормо- и гипо-), то есть  
фиксируется отчетливая элементарная связь литохи-

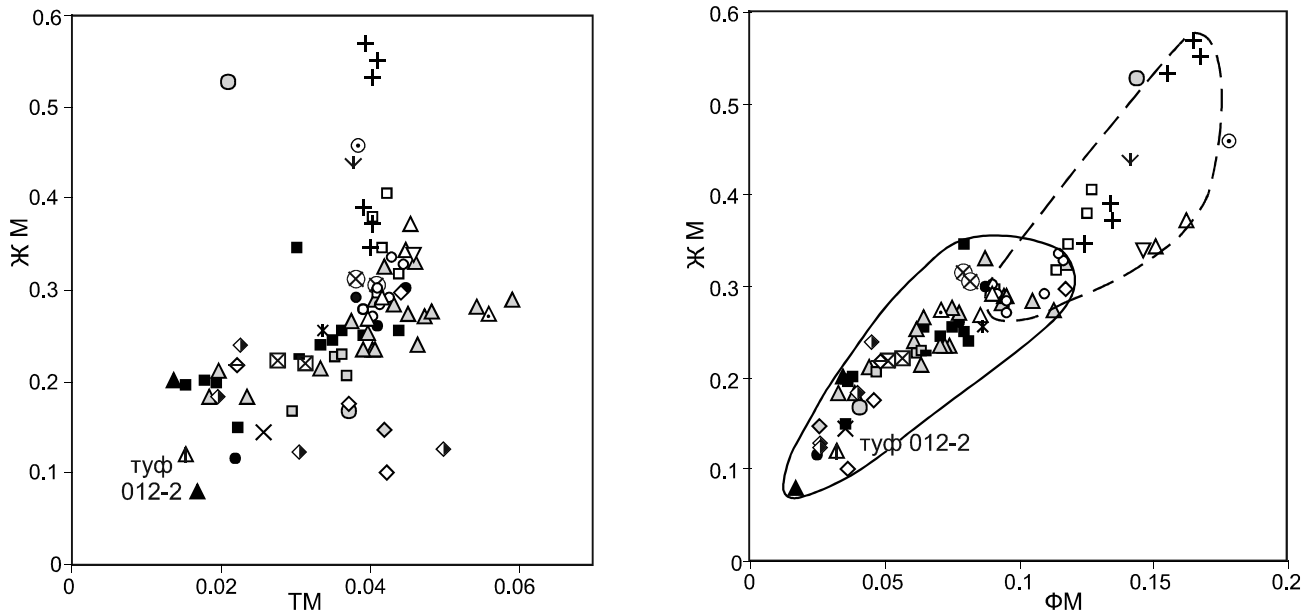


Рис. 6. Модульные диаграммы юрско-нижнемеловых пород Буреинского бассейна.

Условные обозначения на рис. 4 и 5.

мических параметров с размерностью зерен пород, что является рядовым случаем в литохимии.

Высокие в целом значения алюмокремниевого (АМ), натриевого (НМ), щелочного (ЩМ) модулей, а также практически универсального гидролизатного модуля (ГМ), который является количественной мерой процесса гипергенной дифференциации вещества, свидетельствуют о незрелости ниже-среднеюрских песчаников. Вместе с тем, значения этих модулей для отложений верхнеюрско-нижнемеловых пород дубликанской, солонийской и чагдамынской свит свидетельствуют о значительно большей их зрелости относительно подстилающих отложений.

Значения нормированной щелочности НКМ более 0.4 свидетельствуют о наличии в породе полевых шпатов. Высокая натровость (ЩМ > 1) показывает, что носителем щелочей в большинстве ниже-среднеюрских пород являются хорошо сохранившиеся плагиоклазы. В позднеюрское время происходит усиление процессов химического выветривания, приводящих к разрушению плагиоклазов и выносу натрия, о чем говорит пониженная натровость (ЩМ < 1) вышележащих песчаников талынджанской (ЩМ = 0.90), дубликанской (ЩМ = 0.52), солонийской (ЩМ = 0.85) и чагдамынской (ЩМ = 0.55) свит. Поскольку зрелость пород является показателем интенсивности химического выветривания, которая зависит от климата, то для исследованных временных интервалов наиболее теплый климат реконструируется для поздней юры. Это следует из того, что, согласно [23, 25, 27], лито-

химической границей холодного и теплого климатов считаются значения индексов химического выветривания CIW и CIA в глинистых сланцах около 80 и около 70, соответственно ( $CIW = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)] \times 100$ ),  $CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)] \times 100$ ). Для песчаников эти значения ниже.

Полученные данные показывают, что теплый климат был только в позднеюрский период (табл. 5, рис. 7), в другие временные отрезки климат был умеренно холодным. Однако следует учитывать, что кроме климата на степень изменения пород влияет рельеф, зависящий от тектонической обстановки. В горных расчлененных системах (активная тектоника) даже при теплом влажном климате преобладает физическое выветривание. В то же время, физическое выветривание превалирует на равнинах (спокойная тектоника) при сухом климате. Считается, что более информативны изменения флоры. К сожалению, находок ископаемых остатков флоры гораздо меньше, чем мест распространения терригенных отложений. В Буреинском бассейне подтверждением теплого и влажного позднеюрско-раннемелового климата служит присутствие большого количества угольных прослоев, образование которых связано с произраставшей здесь обильной и разнообразной по видовому составу флорой. Очевидно, что в Буреинском бассейне реконструкции климатических изменений разными методами совпадают. До поздней юры в областях сноса преобладал горный рельеф, а холодный климат способствовал широкому развитию процессов физи-

Таблица 4. Химический состав глинисто-алевролитовых пород Буренского бассейна.

Свиты	синкальтинская		эпиканская		эльгинская		чаганыйская
Кластеры / составы вне кластера	VII	002-2	VIII	006-3	IX	IX a	6632
Хемотипы	гипосиаллит	миосилит	гипосиаллит	миосилит	гипосиаллит	псевдогипосиаллит карбонат-содержащий	гипосиаллит
Количество проб	4	1	6	1	2	3	1
SiO <sub>2</sub>	63.47	64.98	64.74	64.29	67.02	57.94	64.36
TiO <sub>2</sub>	0.62	0.58	0.67	0.56	0.64	0.62	0.53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.92	14.03	15.78	13.54	15.61	13.66	15.66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.59	4.21	4.75	4.10	4.55	4.98	4.05
MnO	0.05	0.15	0.04	0.18	0.02	0.09	0.10
MgO	1.99	1.56	1.80	1.52	1.31	3.87	1.41
CaO	1.69	3.02	1.35	4.18	0.60	3.82	1.89
Na <sub>2</sub> O	2.73	3.28	3.01	3.28	2.79	2.57	2.98
K <sub>2</sub> O	2.96	2.62	3.33	2.45	3.34	2.66	3.54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.11
ппп	5.63	5.32	4.17	5.67	4.00	9.12	5.37
Сумма	99.92	99.91	99.92	99.94	100.00	99.918	100.00
Na <sub>2</sub> O+ K <sub>2</sub> O	5.61	5.90	6.42	5.73	6.12	5.23	6.52
ГМ	0.33	0.29	0.33	0.29	0.31	0.33	0.32
ЖМ	0.36	0.30	0.29	0.30	0.28	0.34	0.26
ФМ	0.12	0.09	0.10	0.09	0.09	0.15	0.09
АМ	0.24	0.22	0.24	0.21	0.23	0.24	0.24
ТМ	0.042	0.041	0.042	0.041	0.041	0.046	0.034
НКМ	0.38	0.42	0.40	0.42	0.39	0.39	0.42
ЩМ	0.93	1.25	0.90	1.34	0.84	0.93	0.84
НМ	0.18	0.23	0.19	0.24	0.18	0.19	0.19
КМ	0.20	0.19	0.21	0.18	0.21	0.20	0.23

ческого выветривания. В конце юры и начале мела реконструируется выровненный рельеф и умеренно теплый влажный климат.

А.А. Мигдисов показал, что при динамической сортировке обломочного материала (природном шлиховании) в песчаниках увеличивается содержание

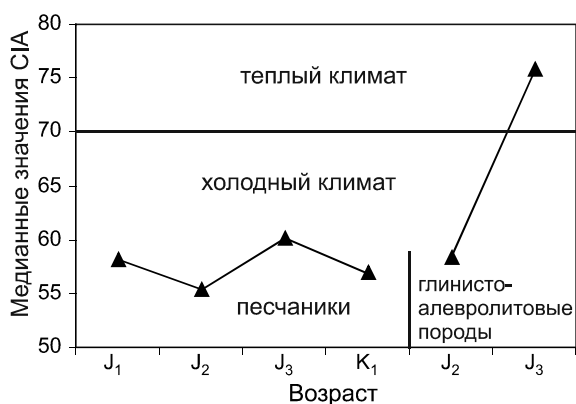


Рис. 7. График изменения климатического индекса CIA в юрско-нижнемеловых терригенных породах Буренского бассейна.

титановых минералов, что обычно приводит к увеличению их титанистости по сравнению с глинисто-алевролитовыми породами. Я.Э. Юдович назвал эту особенность *закономерностью Мигдисова* [19].

В ранне-среднеюрских породах *закономерности Мигдисова* не отмечается, медианные значения ТМ песчаников ниже таковых значений глинисто-алевролитовых пород, хотя и незначительно (табл. 3, 4). Следовательно, дезинтегрированный материал отложился сравнительно быстро, что характерно для тектонически активных складчатых областей с выраженным горным рельефом. Хотя в конце юры и начале мела реконструируется ослабление тектонической активности и выравнивание рельефа, *закономерность Мигдисова* в породах этого возраста также не выражена. Это можно объяснить слабой гидродинамической активностью в заболачивающихся водоемах, в которых формировались угли, а приносимый пепловый материал быстро перекрывал наносы и препятствовал шлихованию [5].

Приведенные факты позволяют сделать вывод о наследовании терригенными породами состава ма-

Таблица 4. (Продолжение).

Свиты	чаганыйская	талынджанская	дубликанская		эльгинская	гранит домезозойский, по [3, 14]
Кластеры / составы вне кластера	6632-1	X	XI	6636-3	012-2 туф	
Хемотипы	нормосиаллит карбонатный	нормосиаллит карбонатный	нормосиаллит	миосилит	миосилит	
Количество проб	1	6	2	1	1	4
SiO <sub>2</sub>	43.02	37.55	62.35	62.34	69.05	70.81
TiO <sub>2</sub>	0.42	0.37	0.77	0.50	0.20	0.38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.11	9.29	17.80	13.46	14.28	15.80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.34	4.12	3.59	2.44	1.72	2.92
MnO	0.72	0.30	0.03	0.02	0.02	0.04
MgO	1.02	1.25	1.19	0.38	0.32	0.58
CaO	18.18	21.89	0.42	0.44	0.34	2.29
Na <sub>2</sub> O	2.54	2.45	1.32	0.44	6.34	3.69
K <sub>2</sub> O	1.31	1.40	3.62	1.47	1.70	3.34
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.27	0.12	0.02	0.04	0.11
ппп	17.17	21.17	8.81	18.49	5.92	
Сумма	99.98	99.97	100.00	100.00	99.93	99.64
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	3.85	3.84	4.94	1.91	8.04	7.02
ГМ	0.39	0.37	0.36	0.26	0.23	0.27
ЖМ	0.44	0.46	0.20	0.18	0.12	0.19
ФМ	0.14	0.14	0.08	0.05	0.03	0.05
АМ	0.26	0.24	0.29	0.22	0.21	0.22
ТМ	0.038	0.040	0.043	0.037	0.014	0.024
НКМ	0.35	0.42	0.28	0.14	0.56	0.46
ЩМ	1.94	1.87	0.36	0.30	3.73	1.13
НМ	0.23	0.26	0.07	0.03	0.44	0.24
КМ	0.12	0.15	0.20	0.11	0.12	0.21

теринских пород. О петрогенности изученных пород также позволяет говорить положительная корреляция ФМ и ЖМ, ТМ и ЖМ (рис. 6), отрицательная корреляция НКМ и ГМ, то есть это породы типа first cycle, первого цикла седиментации [19].

В туфе высокая общая щелочность, низкие значения ГМ, ТМ, ФМ, ЖМ являются показателем кислого состава и вулканической природы этой породы. Однако на основании одних только литохимических характеристик едва ли возможно корректно отличить кислые туфы от сугубо терригенных пород – суперщелочных песчаников. Внешне туфы узнаются по текстурно-структурным признакам и цвету (при достаточном опыте) и вполне уверенно – под микроскопом.

**Генезис терригенных пород и источники сноса.** Обломочные породы являются индикаторами состава пород, развитых в областях сноса. Но их петрографический состав тождественен составу материнских пород лишь на самых ранних стадиях образования кластики. Состав обломков пород и аксессуарных минералов в песчаниках позволяет считать материнскими породами преимущественно гранитоиды и

кислые магматиты. Небольшая доля в составе материнских пород приходится на породы осадочные – песчаники и глинисто-алевролитовые породы.

На факторной диаграмме химических составов исходных пород F 1 – F 2, по [26], фигуративные точки исследованных песчаников и глинисто-алевролитовых пород находятся, в основном, в поле кислых изверженных пород, причем фигуративные точки глинисто-алевролитовых пород тяготеют к полю изверженных пород среднего состава (рис. 8). Часть фигуративных точек песчаников расположена в поле богатых кварцем осадочных пород. Предполагать общую область сноса при некоторых местных вариациях позволяют близкие между собой в каждом типе пород литохимические характеристики кластеров II–V (песчаники) и кластеров VII–IX (глинисто-алевролитовые породы).

Исходя из геологической ситуации, вероятные области сноса могли располагаться на западе и юго-западе (Буреинский массив как составная часть Цзямусы-Ханкайско-Буреинского палеоконтинента), на севере (Амуро-Охотская область и область Становика–Джугджура), на востоке (возможно, Чегдомынский

**Таблица 5. Вариации индексов химического выветривания (CIA и CIW) в породах Буреинского осадочного бассейна.**

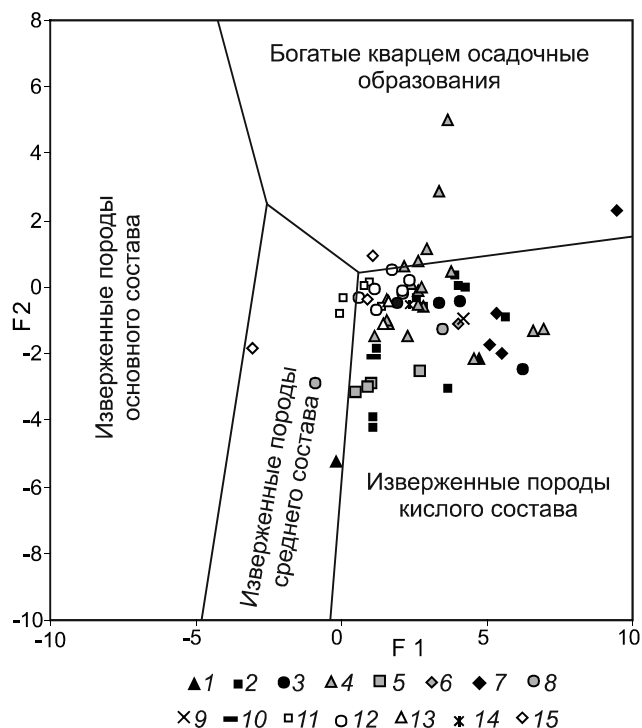
	Песчаники				Глинисто-алевролитовые породы	
	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>	K <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>
CIA						
min	58	47	53	56	46	69
<b>среднее</b>	<b>58</b>	<b>55</b>	<b>58</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>75</b>
max	59	62	62	60	64	81
CIW						
min	64	52	62	63	51	83
<b>среднее</b>	<b>66</b>	<b>63</b>	<b>73</b>	<b>67</b>	<b>65</b>	<b>87</b>
max	67	72	84	71	75	90
n	2	37	5	4	17	3

Примечание. min – минимальное значение, max – максимальное значение, n – количество проб.

выступ Буреинского массива). Нами было проведено сравнение медианных химических составов юрских пород Буреинского бассейна с составами палеозойских гранитоидов, расположенных в непосредственной близости на западе [3, 14], домезозойских интрузивных пород Буреинского массива в целом [4], Амуро-Охотской области [4] и области Становика–Джугджура [4].

По содержанию SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O наибольшее тождество проявилось между юрскими терригенными породами и близкорасположенными палеозойскими гранитоидами Буреинского массива (рис. 9). Можно достаточно уверенно считать, что основной объем обломочного материала приносился с запада и юго-запада. Наиболее вероятным источником кластики был Буреинский массив, который сложен, кроме магматических пород, метаморфическими и осадочными терригенными породами. Данное предположение согласуется с выводами, приведенными в работах [6, 8]. Возможно, что, начиная с байоса, часть материала поступала с востока [6].

Не вызывает сомнения факт поступления кислого пеплового материала в бассейн седиментации. Диагностика его присутствия в терригенных породах по содержаниям оксидов и литохимическим модулям – далеко не простая задача [19, 21]. Дело осложняется тем, что размывались магматиты (интрузивные и эффузивные) и гранитогнейсы, имеющие также кислый состав и, как следствие, похожие литохимические модули. Задача решается с помощью петрографии, поскольку характерные рогульки кислого стекла в песчаниках, наблюдаемые под микроскопом, являются хорошими индикаторами присутствия пеплов [20 и др.]. Наличие



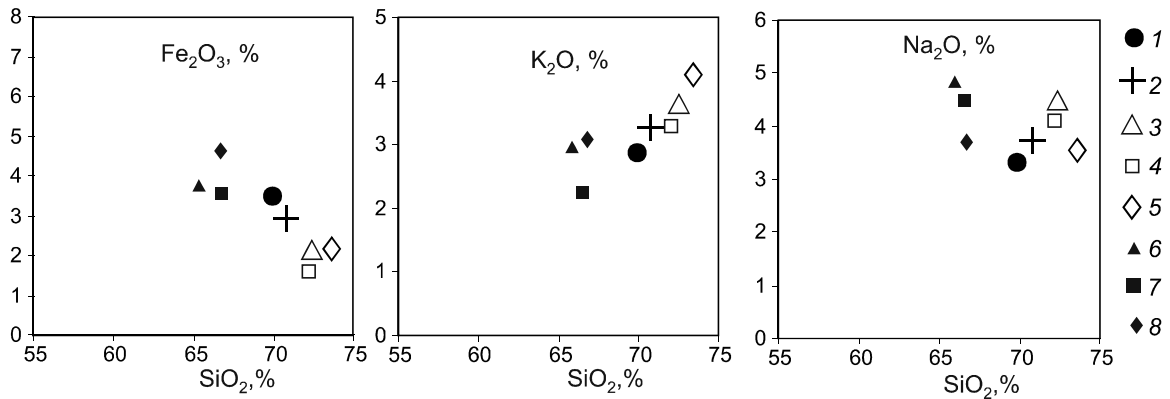
**Рис. 8.** Положение фигуративных точек юрско-нижнемеловых пород Буреинского бассейна на диаграмме состава пород источников сноса, по [26].

1–10 – песчаники, свиты: 1 – дешская, 2 – синкальтинская, 3 – эпиканская, 4 – эльгинская, 5 – чаганыйская, 6 – талынжанская, 7 – дубликанская, 8 – солонийская, 9 – чагдамынская, 10 – чемчукинская; 11–15 – глинисто-алевролитовые породы, свиты: 11 – синкальтинская; 12 – эпиканская; 13 – эльгинская; 14 – чаганыйская; 15 – дубликанская.  $F1 = 30.638TiO_2/Al_2O_3 - 12.541Fe_2O_3(tot)/Al_2O_3 + 7.329MgO/Al_2O_3 + 12.031Na_2O/Al_2O_3 + 35.402K_2O/Al_2O_3 - 6.382$ .  $F2 = 56.500TiO_2/Al_2O_3 - 10.879Fe_2O_3(tot)/Al_2O_3 + 30.875MgO/Al_2O_3 - 5.404Na_2O/Al_2O_3 + 11.112K_2O/Al_2O_3 - 3.89$ .

же в разрезе прослоев вулканитов и бентонитовых глин надежнейшим образом свидетельствует о вулканической деятельности. Анализируя геологические карты [22 и др.], можно предположить, что в разные временные периоды вулканы могли находиться на севере, на юге, юго-западе, что было отмечено и ранее [5, 6, 9].

В юрское время на юге и юго-западе это могли быть вулканы территории Китая (современные координаты), на севере – вулканы Удско-Мурганской вулканической дуги. В меловое время на западе был активным Хингано-Олонойский вулканический пояс, на севере – Огоджинский вулканический пояс. Вероятно, самые тонкие фракции могли поставлять и вулканы Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП). Доля пепловой примеси была разной, зависела от удаленности вулканов, направления и силы ветра в среднеюрское и раннемеловое время. Эта интереснейшая тема требует отдельного исследования.





**Рис. 9.** Положение песчаников Буреинского бассейна и докембрийских интрузивных пород на вариационных диаграммах.

1 – песчаники, 2 – буреинский палеозойский гранит, по [3, 14]; 3–8 – докембрийские интрузивные породы, по [4], 3–5 – граниты: 3 – область Становика–Джугджур (ОСД), 4 – Амуро-Охотская область (АОО), 5 – Буреинский массив в целом (БМ); 6–8 – гранодиориты: 6 – ОСД, 7 – АОО, 8 – БМ.

### ВЫВОДЫ

1. По химическому составу изученные песчаники кислые и соответствуют ряду гранита–риолита. Глинисто-алевролитовые породы по химизму находятся между гранодиоритами и диоритами (или их вулканическими аналогами – дацитами и андезитами).

2. Характер распределения элементов в глинисто-алевролитовых породах аналогичен распределению элементов в песчаниках, что легко объясняется их совместным залеганием в переслаивающихся толщах.

3. Закономерность Мигдисова не выражена.

4. Изученные породы в целом незрелые, являются породами первого цикла седиментации (типа first cycle).

5. Материнскими породами были, в основном, интрузивные и эффузивные породы кислого, реже среднего состава, частично метаморфические (гранито-гнейсы, кристаллические сланцы) и терригенные осадочные породы.

6. Литохимические модули позволяют предполагать наличие пепловой примеси в породах, а также позволяют отделить кислые туфы от песчаников (с некоторой долей условности) и от глинисто-алевролитовых пород (уверенно). В нашем случае диагностику петрогенной и пирогенной составляющих значительно осложняет залегание пород в мощных толщах краевого прогиба, и использования только литохимических критериев для их распознавания недостаточно.

7. Наиболее вероятным источником кластического материала был Буреинский массив. Основная масса поступала с запада и юго-запада, а часть – с востока, с Чегдомынского выступа, сложенного так-

же кислыми породами. Пепловый материал мог приноситься с вулканов, расположенных на юге, юго-западе и севере.

8. Хотя вещественный состав изученных осадочных пород в значительной мере тождественен составу пород источников сноса, для более достоверных выводов о положении конкретной области сноса необходимо привлекать дополнительные исследования.

Работа выполнена в рамках инициативного проекта «Тектоно-седиментационные модели осадочных бассейнов юго-восточной России». Грант ДВО РАН 15-1-2-027.

Автор выражает благодарность Г.Л. Кирилловой, Л.Ф. Мишину, Я.Э. Юдовичу, А.И. Малиновскому за консультации, замечания и рекомендации, которые помогли в написании статьи.

Автор признательна Т.Л. Карповой, Л.В. Яхно, Г.М. Выхованец за помощь в оформлении рисунков, В.Г. Кычкиной за помощь в создании таблиц.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анойкин В.И. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:200 000. 2-е изд. Сер. Буреинская. Лист М-53-VIII (Чегдомын): Объясн. зап. СПб.: Картография ВСЕГЕИ, 2003. 123 с. + 2 вкл.
2. Атлас мезозойской морской фауны Дальнего Востока России / И.И. Сей, Т.М. Окунева, Т.Д. Зонова, Е.А. Калачева. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 234 с.
3. Брагинский С.М. Геологическая карта СССР. 1: 200 000. Сер. Хингано-Буреинская. Лист М-52-VII: Объясн. зап. М.: Недра, 1965. 92 с.
4. Бурдэ Б.И., Кравченко Н.С. Метод петрохимической характеристики по отклонению от модельного состава и особенности петрохимии Приамурья. Владивосток: Дальнаука, 2003. 114 с.

5. Давыдова Т.Н., Гольдштейн Ц.Л. Литологические исследования в Буреинском бассейне. М.: Гостоптехиздат, 1949. 287 с.
6. Забродин В.Ю. Палеогеография Буреинского краевого прогиба в юрском периоде (Дальний Восток) // Тихоокеан. геология. 2007. Т. 26, № 5. С. 77–87.
7. Кириллова Г.Л., Крапивенцева В.В. Мезоцикличность верхнетриасово-юрских отложений Буреинского бассейна: тектоника, эвстатика, секвенсстратиграфия (Дальний Восток) // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 4. С. 38–54.
8. Кириллова Г.Л. Реконструкция питающих провинций Восточноазиатской континентальной окраины в позднем мезозое по данным изотопной U-Pb-геохронологии обломочных цирконов // Докл. РАН. 2014. Т. 456, № 4. С. 448–450.
9. Крапивенцева В.В. Угленосная формация Буреинского бассейна. М.: Наука, 1979. 148 с.
10. Медведева С.А. Литохимическая характеристика мезозойских терригенных пород Буреинского осадочного бассейна // Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: VIII Косыгинские чтения: Материалы всерос. конф., 17–20 сентября 2013, г. Хабаровск / Отв. ред. А.Н. Диденко, Ю.Ф. Манилов. Владивосток: Дальнаука, 2013. С. 535–538.
11. Медведева С.А. Мезозойские песчаники и реконструкция тектонических обстановок седиментации в Буреинском осадочном бассейне (Дальний Восток) // Тихоокеан. геология. 2014. Т. 33, № 4. С. 83–98.
12. Петтиджон Ф.Дж., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 535 с.
13. Сей И.И., Калачева Е.Д. Биостратиграфия нижне- и среднеюрских отложений Дальнего Востока. Л.: Недра, 1980. 177 с.
14. Сигов В. Ф. Геологическая карта СССР. 1:200 000. Сер. Хингано-Буреинская. Лист М-53-П: Объясн. зап. М.: Недра, 1965. 95 с.
15. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов / В.Н. Шванов, В.Т. Фролов, Э.И. Сергеев и др. СПб.: Недра, 1998. 352 с.
16. Шарудо И.И., Москвин В.И. Дзенс-Литовская О.А. Литология и палеогеография Буреинского прогиба в позднем мезозое. Новосибирск: Наука, 1973. 68 с.
17. Шванов В.Н. Петрография песчаных пород. Л.: Недра, 1987. 269 с.
18. Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. 1967. № 5. С. 86–103.
19. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
20. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Минеральные индикаторы литогенеза. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 564 с.
21. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические и минералогические индикаторы вулканогенных продуктов в осадочных толщах. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 412 с.
22. Geological Map of Amur Region and adjacent areas. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий (фрагмент листа 2). 1:2500000 / ВСЕГЕИ. Амургеолком. Мингео КНР. Управл. геол. пров. Хэйлунцзян. СПб., 1998.
23. Harnois L. The CIW index: a new chemical index of weathering // Sediment. Geol. 1988. V. 55. P. 319–322.
24. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sand and shales from core or log data // J. Sediment. Petrol. 1988. V. 58, N 5. P. 820–829.
25. 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.
26. Roser B.P., Korsch R.J. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data // Chem. Geol. 1988. V. 67. P. 119–139.
27. Visser I.N.J., Young G.M. Major element geochemistry and paleoclimatology of the Permo-Carboniferous glaciogenic Dwyka Formation and post-glacial mudrocks in southern Africa // Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol. 1990. V. 81. P. 49–57.

*Рекомендована к печати А.В. Колосковым*

### *S.A. Medvedeva*

#### **New data on the chemical composition of the Jurassic-Lower Cretaceous sedimentary rocks of the Bureya Basin, Far East of Russia**

The paper considers specific features of rock-forming elements distribution in the Jurassic-Lower Cretaceous sedimentary rocks of the Soloni-Umal'ta interfluvium (Bureya sedimentary basin). Data on the bulk chemical composition of the rocks were the first to be obtained. It was shown that main sources of the clastic material were acidic rocks, and magmatic rocks of medium composition, quartz-enriched sedimentary and metamorphic rocks were of a subordinate role. It is suggested that the bulk of clastic material was transported from west and southwest (Bureya Basin), and minor one from the east. Sharp lithochemical discrepancies between Lower-Middle Jurassic and Upper Jurassic-Lower Cretaceous rocks fix a break in sedimentation.

**Key words:** sandstones, clayey-aleurolite rocks, lithochemistry, Jurassic, Cretaceous, Bureya sedimentary basin, Far East of Russia.