



УДК (551.243:552.16):(550.93+550.84)(574.4)

## ПРИРОДА СУБСТРАТА МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД И ГРАНИТОИДОВ ЧЕЧЕКСКОЙ КУПОЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ (ИРТЫШСКАЯ СДВИГОВАЯ ЗОНА)

И. А. Савинский, В. Г. Владимиров, П. Д. Котлер

Приведены корреляции состава мигматитов и гранитогнейсов Чечекской структуры с осадочными породами обрамления Иртышской сдвиговой зоны. Основанием для постановки работ послужил анализ геологической ситуации, показавший, что первичным субстратом для метаморфических пород и гранитоидов Чечекской структуры могли быть осадочные серии такырской и кыстав-курчумской свит. Кроме того, ранее было установлено, что тепловым источником метаморфизма и гранитообразования Чечекской купольной структуры являлись базитовые расплавы Суровского габброидного массива, становление которого происходило на возрастном рубеже 312 млн лет. Продемонстрировано, что вещественный состав пород Чечекского купола отвечает алевро-песчанистым отложениям такырской серии пород, тогда как тугоплавкие диатектиты и амфиболитовые гнейсы могли соответствовать известковистым горизонтам такырской серии или соответствовать отложениям кыстав-курчумской свиты. Сделан вывод, что породы Чечекской купольной структуры были образованы на месте (*in situ*), непосредственно в структурах Иртышской зоны смятия.

**Ключевые слова:** геохимия, субстрат, магматизм, метаморфизм, гранитообразование, зона смятия, Иртышская сдвиговая зона, купольная структура, Восточный Казахстан.

## THE NATURE OF SUBSTANCE OF METAMORPHIC ROCKS AND GRANITOIDS OF THE CHECHEK DOME STRUCTURE (IRTYSH ZONE OF SHEARING)

I. A. Savinsky, V. G. Vladimirov, P. D. Kotler

The paper provides correlation of the composition of migmatites and granite gneisses within the Chechek dome structure to the composition of sedimentary rocks at the margins of the Irtysh zone of shearing. The analysis of geology of the area has shown that the sedimentary strata of the Takyr and Kystav-Kuchum formations were the primary substance for metamorphic rocks and granitoids. Besides, it was previously discovered that the basic melts of the Surovsky gabbro massif, which had been forming at 312 Ma, were a heat source of metamorphism and granite formation. It has been found that the material composition of the Chechek dome rocks corresponds to the silty-sandy deposits of the Takyr Formation, whereas refractory diatexites and amphibolitic gneisses could correspond to limy horizons of the Takyr Formation or the Kystav-Kuchum Formation deposits. As a result, the Chechek dome structure rocks were formed *in situ* directly in the Irtysh zone of shearing.

**Keywords:** geochemistry, substance, magmatism, metamorphism, granite formation, zone of shearing, the Irtysh zone of shearing, dome structure, East Kazakhstan.

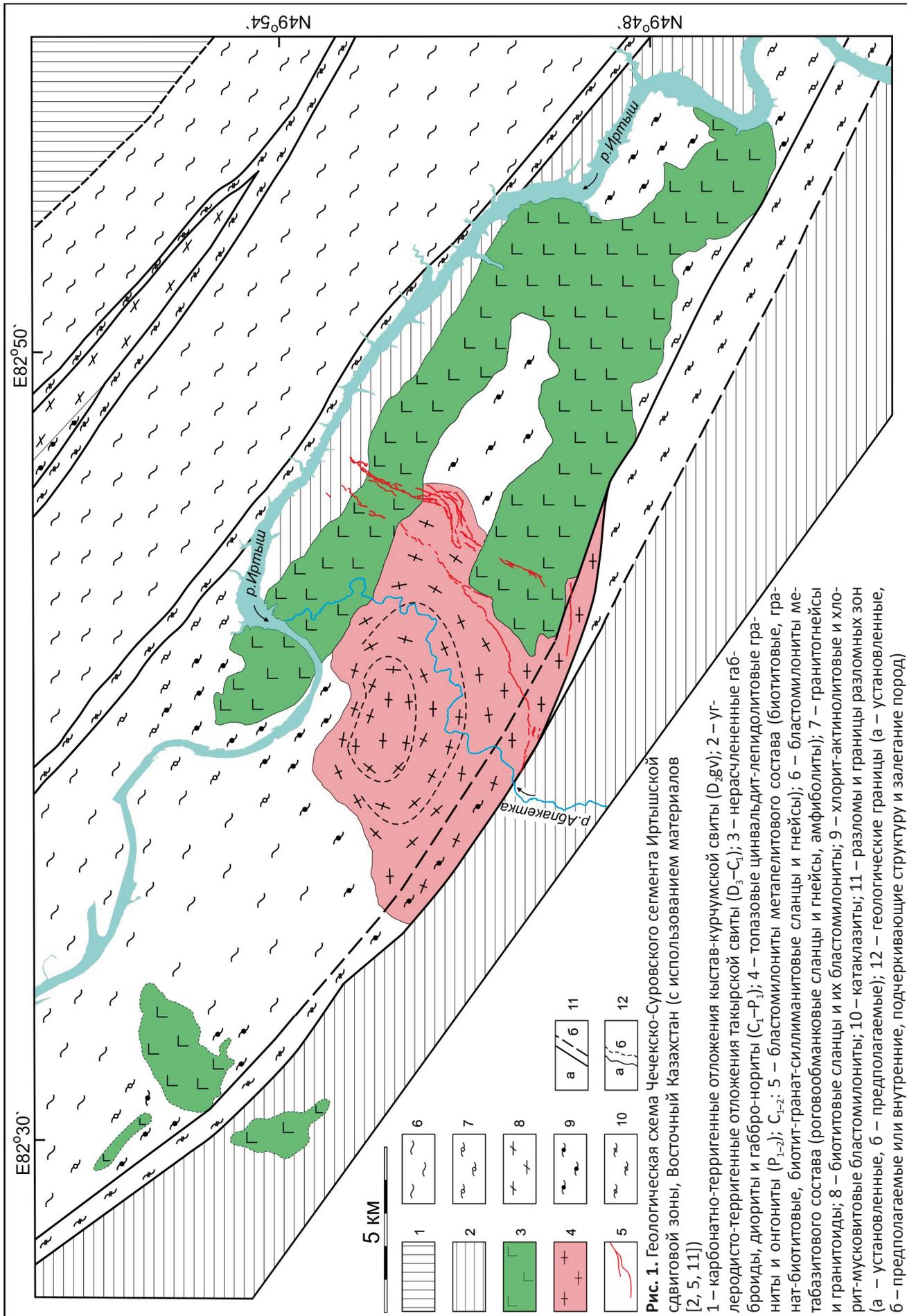
DOI 10.20403/2078-0575-2016-2-126-134

Иртышская зона смятия (ИЗС) – это крупнейшая сутура на северо-восточной окраине герцинских образований Обь-Зайсанского палеобассейна (Восточный Казахстан). Она имеет сложное внутреннее строение и включает в себя крупные блоки метаморфических пород в матриксе преимущественно низкотемпературных бластомилонитов, ограниченных с северо-востока Иртышско-Маркакульским, а с юго-запада – Калба-Нарымским глубинными разломами. В зону деформаций вовлекаются карбонатно-терригенные отложения кыстав-курчумской свиты ( $D_2$ gv) и песчаники и черные сланцы такырской свиты ( $D_3-C_1$ ). Непосредственно в ИЗС проявлен кислый и базитовый магматизм Прииртышского комплекса [5], тогда как в обрамлении преобладают гранитоиды калбинского комплекса (Калбинский батолит) [3, 5 и др.].

Среди блоков метаморфических пород в Иртышской зоне реперное положение занимает Чечекская гранитогнейсовая структура (рис. 1), расположенная в кровле чашеобразного Суровского

габброидного массива на юго-западном борту ИЗС вдоль Калба-Нарымского разлома. Ее купольная природа была предложена в работе [5] и позднее доказана [8].

Происхождение гранитоидов Чечекской структуры традиционно связывали с повторным плавлением (реоморфизмом) более ранних гранитоидов [5] на основании того, что габброидный массив в форме лополита или гарполита [10] «облекает» гранитоиды купольной структуры, обособляя их от вмещающих метаосадочных пород, уровень метаморфизма которых не превышает зеленосланцевой фации. На первый взгляд, связь между осадочными породами Иртышской зоны смятия и гранитоидами Чечекской структуры отсутствует. Однако, исходя из особенностей внутреннего строения и вещественного состава гнейсогранитов, можно предположить, что габброиды Суровского массива оказали тепловое воздействие на осадочные толщи, и этого оказалось достаточно для частичного плавления осадочного обрамления вплоть до появления грани-





тогнейсов и автохтонных гранитоидов. На коровое (первично осадочное) происхождение гранитоидов также указывает наличие в них граната, силлиманита (фибrolита) и кордиерита, а также структурные и текстурные особенности пород.

Для выяснения происхождения гранитоидов и гранитогнейсов Чечекской структуры были выполнены специализированные маршруты, проведены структурно-кинематические и парагенетические исследования [8]. В частности, было показано, что для глиноземистых прослоев купольной структуры (ассоциации Qtz+Pl+Kfs+Bt+Ms+Sil+Grt) условия метаморфизма отвечают температуре 665–720 °С и давлениям 4–6 кбар, что соответствует верхней границе амфиболитовой фации и условиям выплавления средне обводненных кислых расплавов. Иными словами, тепловой прогрев пород был достаточен для появления в толщах автохтонных и параавтохтонных гранитоидов. Изотопные исследования позволили установить, что возраст метаморфизма гнейсогранитов был не моложе 312 млн лет (Ar/Ar, ступенчатый прогрев, мусковит [8]), что хорошо коррелируется с возрастом становления габброидов Суровского массива. Однако для окончательного решения проблемы происхождения Чечекской структуры необходимо прояснить вопрос о природе субстрата мигматитов и гранитогнейсов.

Далее приводятся результаты петрохимических корреляций составов гнейсогранитов Чечекской структуры и наиболее распространенных осадочных толщ в обрамлении Иртышской зоны смятия – кыстав-курчумской свиты (D<sub>2</sub>gv) и такырской серии (D<sub>3</sub>–C<sub>1</sub>).

### Геологическая ситуация

Чечекская гранитогнейсовая структура входит в состав одноименного блока, вытянутого в юго-восточном направлении на 14 км при ширине около 7 км. Чечекский блок ограничен по периферии разломами, а гранитогнейсовая структура, расположенная в его центре, «бронирована» габброидными телами, относящимися к суровскому комплексу [5]. Последний представляет собой лополит, южные контакты которого погружаются на север под углами 40–50°, а восточный и западный контакты – полого на восток. По данным бурения мощность чашеобразного габброидного тела достигает на севере 450 м [11] (см. рис. 1).

При пересечении Чечекской гранитогнейсовой структуры наблюдается кардинальное изменение характера деформаций от края к центру. В краевой части отмечаются пологие сбросы, сопровождающиеся межслоевым соскальзыванием и образованием складок волочения в компетентных горизонтах биотит-роговообманкового состава. Складки межслоевого скольжения сопровождаются вязким будинированием как компетентных, так и пластичных существенно кварцевых прослоев.

При переходе от краевой части Чечекской гранитогнейсовой структуры к центральной начинают преобладать однородные породы, отвечающие по минеральному и химическому составу гранитоидам [5]. Появляется матрацевидная отдельность. В рельефе отчетливо проявляется куполообразная форма, которая обеспечивается гранитогнейсами, имеющими пологое залегание и «бронированными» склон. Деформации пород либо отсутствуют, либо имеют пятнистый или послойный характер. В последнем случае они проявляются в виде структур течения в кварцевых лейкократовых прослоях и соответствуют по кинематике субвертикальному транспорту материала.

### Петрографическая характеристика гнейсогранитов и гранитоидов

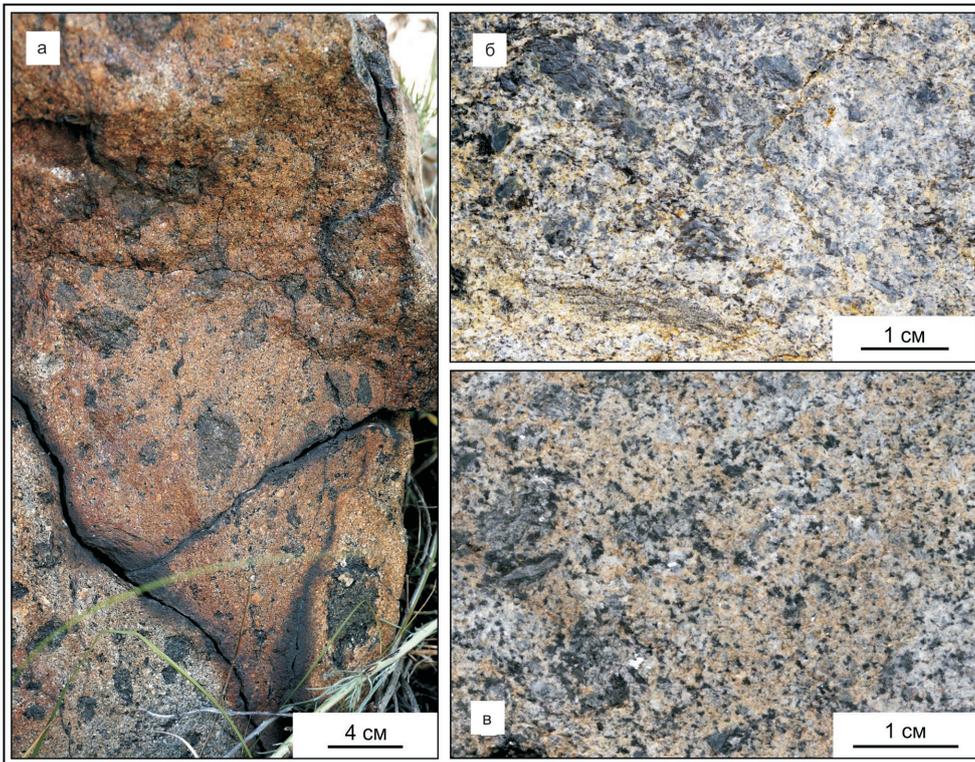
Чечекская гнейсогранит-гранитная структура сложена пара- и автохтонными гранитами, мигматитами и, в меньшей степени, диатектитами. Первичным субстратом таких пород могут служить осадочные породы пелитового состава.

Наиболее полное петрографическое описание образований Чечекского блока приведено в работе [5]. Центральная часть купольной структуры сложена в основном гранитогнейсами и гнейсогранитами. Выплавки параавтохтонных гранитов представляют собой субгоризонтальные пачки, залегающие согласно с пачками гранитогнейсов чечекского типа. В центральной части структуры вблизи Усть-Каменогорска они имеют вид как сплошных полей гранитного состава, так и крупных жил, секущих гнейсограниты и мигматиты (рис. 2). В зоне Калба-Нарымского разлома гнейсограниты и граниты сильно разгнейсованы и милонитизированы.

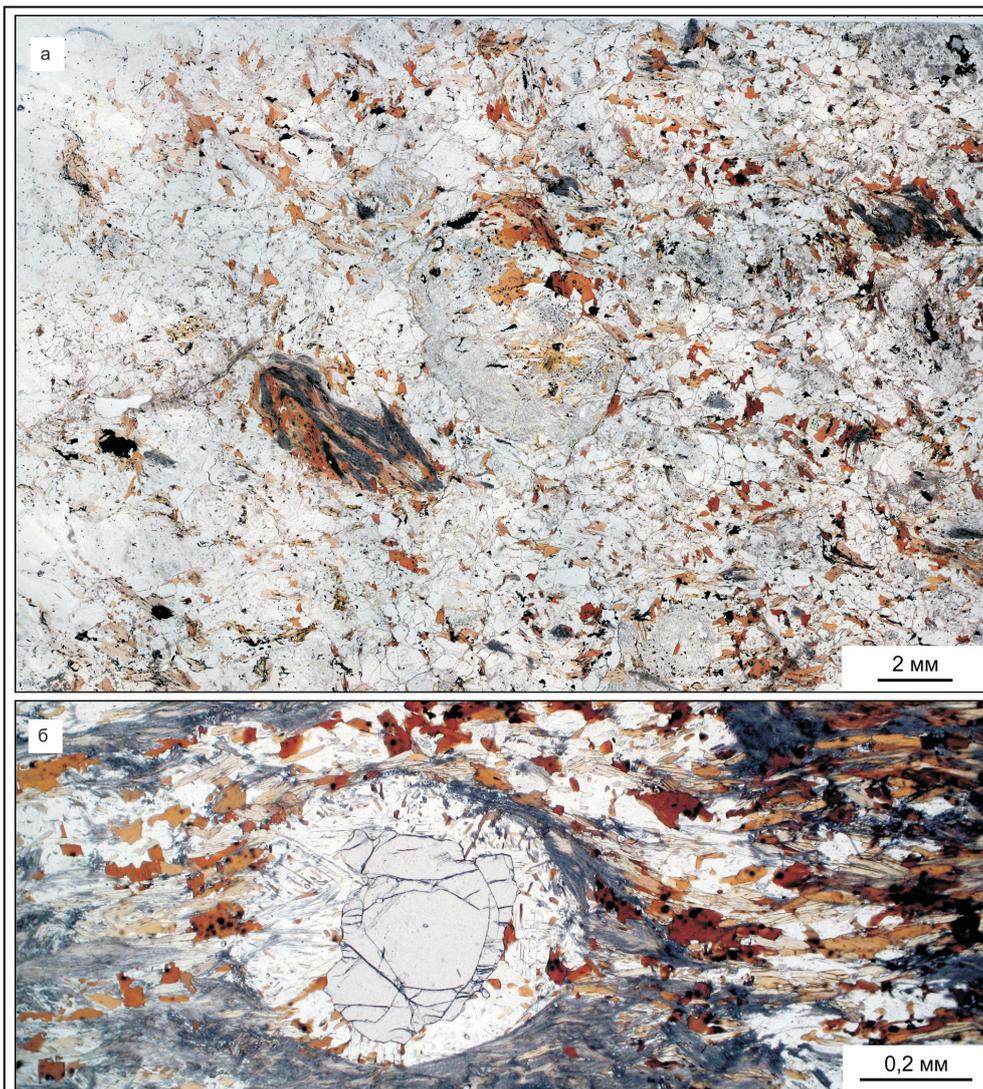
Текстура гранитоидов гнейсовидная, шпиротакситовая, брекчиевидная с просвечивающими текстурами субстрата. Структура гетерозернистая. Характерно сосуществование кристаллобластового и гранофирирового сложения с участками гипидиоморфнозернистых структур. Породы содержат большое количество скиалитов биотитового (иногда с кордиеритом, гранатом, графитом) состава, желваков кварца (иногда кварца и полевых шпатов) [5]. Они хорошо проявлены и обнажениях (см. рис. 2), и шлифах (рис. 3).

Характерны широкие колебания количественных соотношений главных породообразующих минералов, представленных плагиоклазом (25–99 %), кварцем (5–42 %), биотитом (40 %), калишпатом (35 %), амфиболом (10 %) и мусковитом (12 %), а также необычных для нормальных гранитоидов компонентов – пироксеном (50 %), кордиеритом (12 %), графитом (10 %), силлиманитом и андалузитом (8 %), гранатом (8 %).

Мигматиты Чечекской структуры представляют собой породы с метаморфической мигматитовой полосчатостью. Они расположены в краевой части купола вблизи контактов с габброидами и в виде



**Рис. 2.** Гранитоиды Чечекского купола: а – обнаженные гнейсограниты чечекского типа с большим количеством шлифов биотитового состава размерами до 4 см (кордиерит, гранат, графит) и кварц-полевошпатовыми желваками до 1 см; б – пластинка мигматитов из центральной части Чечекского купола (обр. КТ850); в – пластинка автохтонных гранитов из той же части Чечекской структуры (обр. КТ851)



**Рис. 3.** Микрофотография шлифов гнейсогранитов чечекского типа центральной части структуры (а) и образца Э32-2 (б)



останцов в осевой части Суровского массива. Меланократовая часть мигматитов имеет биотит-гранатовый, биотит-кордиерит-силлиманитовый состав (см. рис. 3). Лейкократовая часть мигматитов близка по составу к граниту (ассоциации с кварцем, ортоклазом и плагиоклазом).

Для гнейсогранитов чечекского типа из центральной части купола характерно сочетание гранобластовых текстур, коронитовых структур вокруг граната (см. рис. 3, обр. Э-32) и рудиментных признаков деформаций. Это указывает на продолжительный период теплового воздействия на породы, в процессе которого они подверглись перекристаллизации и частичному плавлению, а деформационные структуры были частично или полностью затусованы.

### Характеристика осадочного обрамления

Чечекско-Суровский блок расположен в тектоническом контакте кыстав-курчумской свиты ( $D_2gv$ ) и отложений такырской серии ( $D_3-C_1$ ). В результате петрогеохимических исследований осадочных серий подтверждается схожесть их составов. Значит, источники сноса не менялись, ими являлись вулканические комплексы Алтайской активной континентальной окраины [1]. Кроме того, наличие внутри Калба-Нарымской зоны блоков метабазитового состава также свидетельствует о том, что зона, скорее всего, представляла собой бассейн с океанической корой в основании, в котором от среднего девона до конца раннего карбона накапливались осадки, фациально соответствующие подножию континентального склона.

Кыстав-курчумская свита мощностью 1000–1500 м относится к углеродисто-известковисто-терригенной формации [4] и представлена темно-серыми алевропесчаниками, черными глинистыми сланцами с линзами известняков. Она картируется вдоль Иртышской сдвиговой зоны, поэтому в ранних работах метаморфические породы ИЗС часто относили к указанной свите. Возраст свиты обосновывается находками фауны живецкого возраста (табуляты, ругозы) [4].

На северном фланге Суровского массива в правом борту р. Иртыш отложения характеризуются чередованием прослоев алевролитов и песчаников, условно относящимся к породам кыстав-курчумской свиты. На южном и западном фланге повсеместно картируются отложения такырской серии.

*Такырская серия* осадочных пород ( $D_3-C_1$ ) имеет наибольшую мощность и площадь распространения в Калба-Нарымской зоне. Общая мощность серии оценивается в 3000–3500 м. Взаимоотношения с нижележащей кыстав-курчумской свитой повсеместно тектонические, хотя в Нарымском хребте В. П. Нехорошевым описан постепенный переход между этими стратонами [2]. Возраст отложений такырской серии оценивается на основе палинологических анализов и геологических взаимоотношений

с фаунистически охарактеризованными свитами. По данным геолого-съёмочных работ последних лет на территории Восточного Казахстана [6] в составе такырской серии следует выделять две свиты: аблакеткинскую ( $D_3-C_1t$ ) и бурабайскую ( $C_1v$ ).

*Аблакеткинская свита* ( $D_3-C_1t$ ) представляет собой существенно алевролитовую толщу с небольшими прослоями мелкозернистых песчаников. Нижней подсвите свойственен глинистый, углистоглинистый состав алевролитов, заметна небольшая известковистость пород. Верхняя подсвита характеризуется только углисто-глинистыми алевролитами и появлением маломощных прослоев мелкозернистых полимиктовых песчаников.

Отложения *бурабайской свиты* ( $C_1v$ ) индексируются по смене однородной черной углисто-глинистой толщи на сероцветную песчаниковую. Свита имеет однородный алевропесчанистый состав, в нижней части наблюдаются темно-серые и серые мелкозернистые песчаники, переслаивающиеся с темно-серыми, черными алевролитами и глинистыми сланцами. Обломочный материал песчаников представлен главным образом хорошо окатанными зёрнами кварца, плагиоклаза и полевого шпата размером 0,1–0,5 мм [1].

Петрохимические характеристики осадочных пород (77 анализов) оценивались только статистически, без дробного разделения на алевролиты, песчаники или глинистые сланцы. Для  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3+FeO+MgO$ ,  $CaO$  распределение вероятностей характеризуется двумя четко выраженными пиками, в меньшей степени они выражены для  $Na_2O+K_2O$  (см. рис. 2, 3). Эти данные не противоречат геологическим, поскольку в составе осадочных толщ северной части Калба-Нарымской зоны отмечаются пластины актинолит-хлоритовых сланцев, залегающих среди черносланцевых отложений кыстав-курчумской свиты ( $D_2gv$ ) [1]. Вещественный состав изученных образцов зеленосланцевых пород относительно выдержанный, кремнекислотность варьирует в интервале 44–52 мас. %  $SiO_2$  (в среднем 50,5 мас. %). В них повышены содержания фемических компонентов ( $TiO_2$  1,2 мас. %;  $Fe_2O_3^*+MgO$  14–20 мас. %) [1]. Основная группа анализов осадочных пород легла в диапазон по кремнию в 54–74 мас. %, (среднее 63,08 мас. %); по титану 0,5–1 мас. %; по сумме  $Fe_2O_3^*+MgO$  2–11 мас. %.

### Петрохимические исследования и обсуждение результатов

Для петрогеохимической характеристики вещественного состава пород по всей площади Чечекской структуры были отобраны пробы пород, представляющие наиболее типичные для этой структуры минералого-петрографические разности: биотитовые гнейсограниты со шлирами (чечекский тип), биотит-мусковитовые граниты и мигматиты.

Вмещающие осадочные отложения такырской и кыстав-курчумской свит Чечекско-Суровского

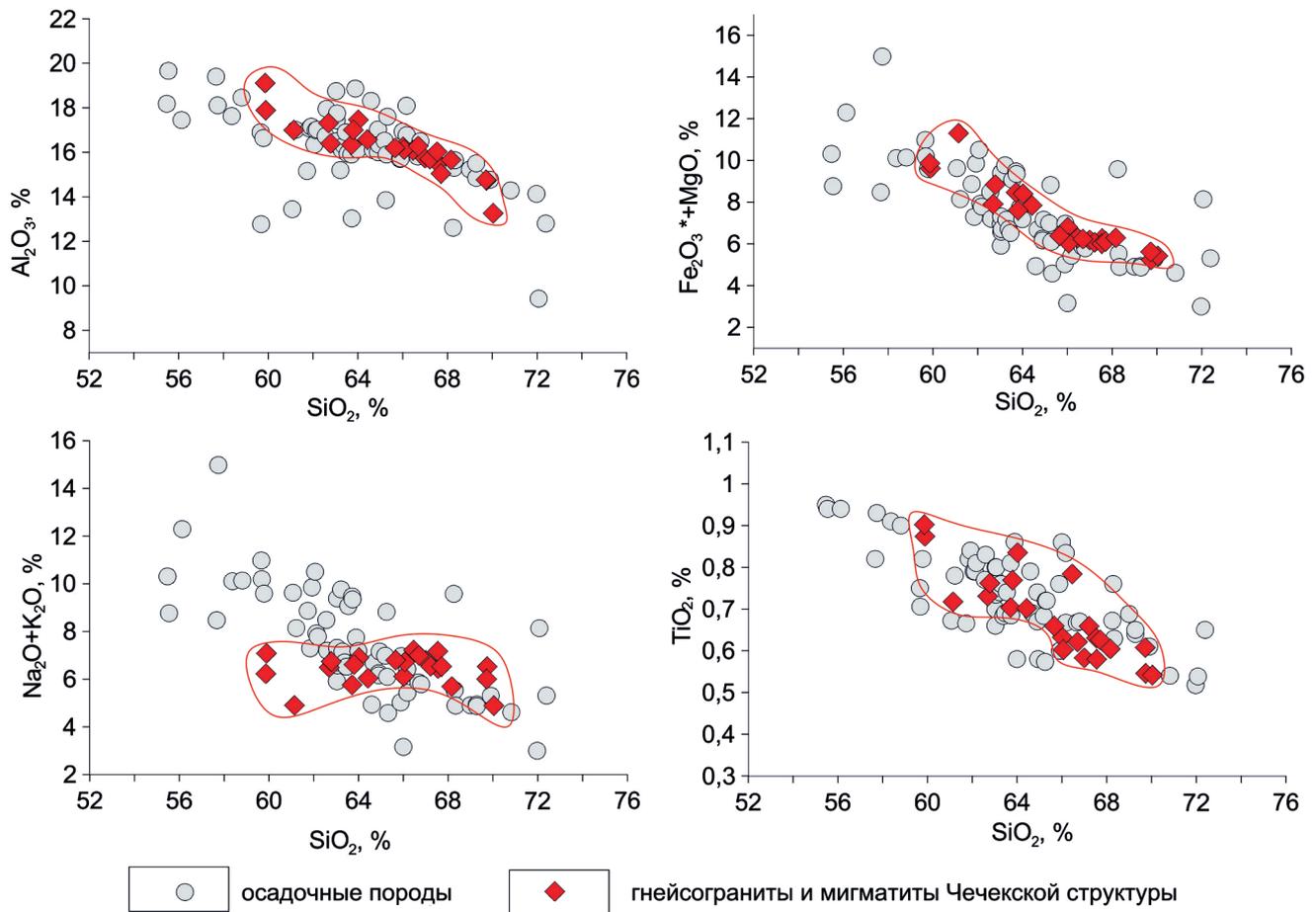


Рис. 4. Вариационные диаграммы А. Харкера [12] для гнейсогранитов и осадочных пород Чечекско-Суровского сегмента

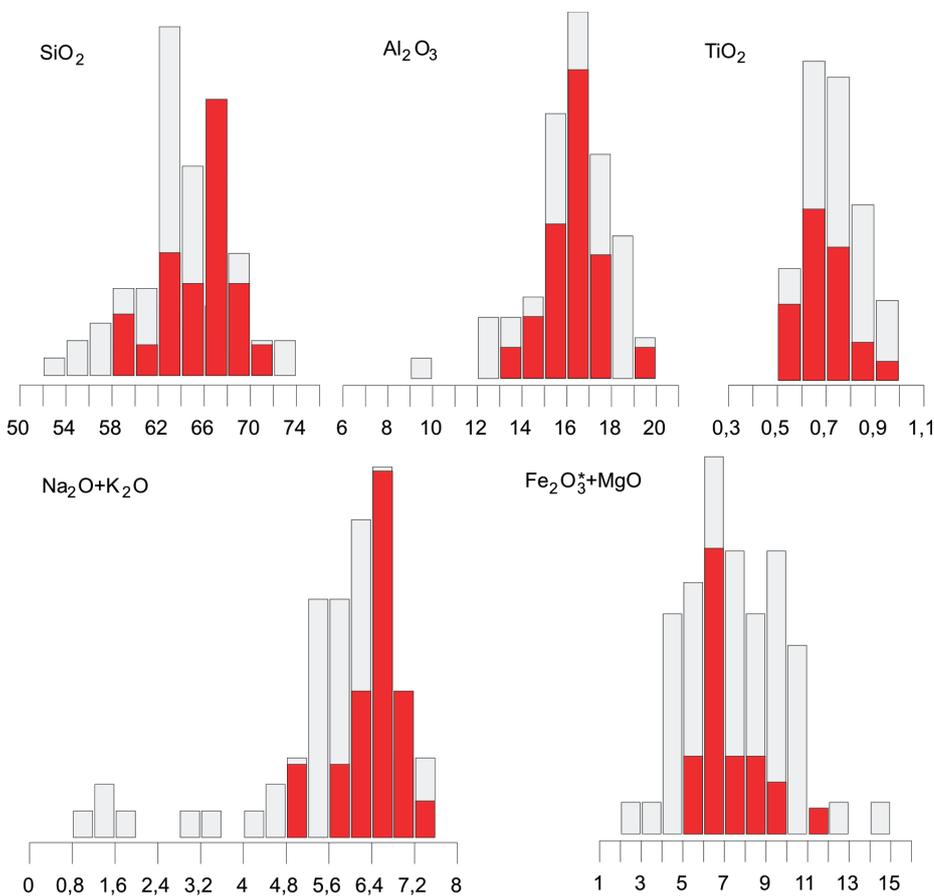


Рис. 5. Корреляция гистограмм распределения для осадочных пород (серый цвет, 77 проб) и гранитоподобных пород (красный цвет, 23 пробы) Чечекско-Суровского сегмента



сегмента были исследованы вдоль правого борта р. Иртыш. Их характеристика приведена ранее.

Основанием для сравнения петрохимических характеристик гранитоидных и осадочных пород являются геологические данные, указывающие на коровый, авто- и параавтохтонный характер гнейсогранитов.

Содержания петрогенных элементов в породах проанализированы атомно-абсорбционным (атомно-абсорбционный спектрофотометр SOLAAR M6 Thermo Elemental) и спектрофотометрическим (спектрофотометрический комплекс Genesys 10S Thermo Fisher Scientific) методами анализа в ИЗК СО РАН (Иркутск). Содержания редких и редкоземельных элементов определялись методом ICP-MS в ИГМ СО РАН (Новосибирск). Измерения содержания проводились в ИГМ СО РАН на приборе ELEMENT производства компании FINIGAN (аналитики И. В. Николаева, С. В. Палесский).

Основной объем пород Чечекской структуры занимают гнейсограниты чечекского типа (минеральный состав Qtz-Pl-Kfs-Bt-Mu-Sil-Grт). Они содержат шлиры биотит-графитовых скоплений в ассоциации с Bt-Gr-Sil+Crd. Также встречаются лейкократовые скопления кварц-полевошпатового состава с гранатом. Средневзвешенное содержание петрогенных элементов в гнейсогранитах чечекского типа по 11 анализам составляет (мас. %): SiO<sub>2</sub> 64,67; TiO<sub>2</sub>

0,71; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16,65; Σ FeO 5,65; MnO 0,11, MgO 1,67; CaO 1,54; Na<sub>2</sub>O 2,75; K<sub>2</sub>O 3,76; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,15.

В Чечекской структуре встречаются разного вида гранитоподобные породы в матрице гнейсогранитов чечекского типа. Они разнообразны по составу и не имеют явных закономерностей распределения. В целом они также относятся к кислым породам нормальной и низкой щелочности.

Средние содержания петрогенных элементов во всех разновидностях гранитоидов и гнейсогранитов (далее просто «гнейсограниты») составляют (мас. %): SiO<sub>2</sub> 65,76; TiO<sub>2</sub> 0,67; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16,18; Σ FeO 5,29; MnO 0,11, MgO 1,55; CaO 1,64; Na<sub>2</sub>O 2,89; K<sub>2</sub>O 3,54; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,15. Их составы приведены на рис. 4–6.

Вариации составов гнейсогранитов, наблюдаемые на вариограммах Харкера (см. рис. 4) и гистограммах (см. рис. 5), предельно близко коррелируются с осадочной серией пород по SiO<sub>2</sub>, MnO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O либо имеют те же границы по TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO и FeO (см. рис. 5).

На диаграмме Хиррона отношение log(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*/K<sub>2</sub>O)–log(SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) для гнейсогранитов и осадочных пород отвечают сланцам и ваккам [13]. На диаграмме Розера [14] отношение log(K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O)–SiO<sub>2</sub> для гнейсогранитов и обрамления попадает в область активной континентальной окраины (см. рис. 6).

Значения гидролизатного модуля ((Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiO<sub>2</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO)/SiO<sub>2</sub>) для пород Чечекской

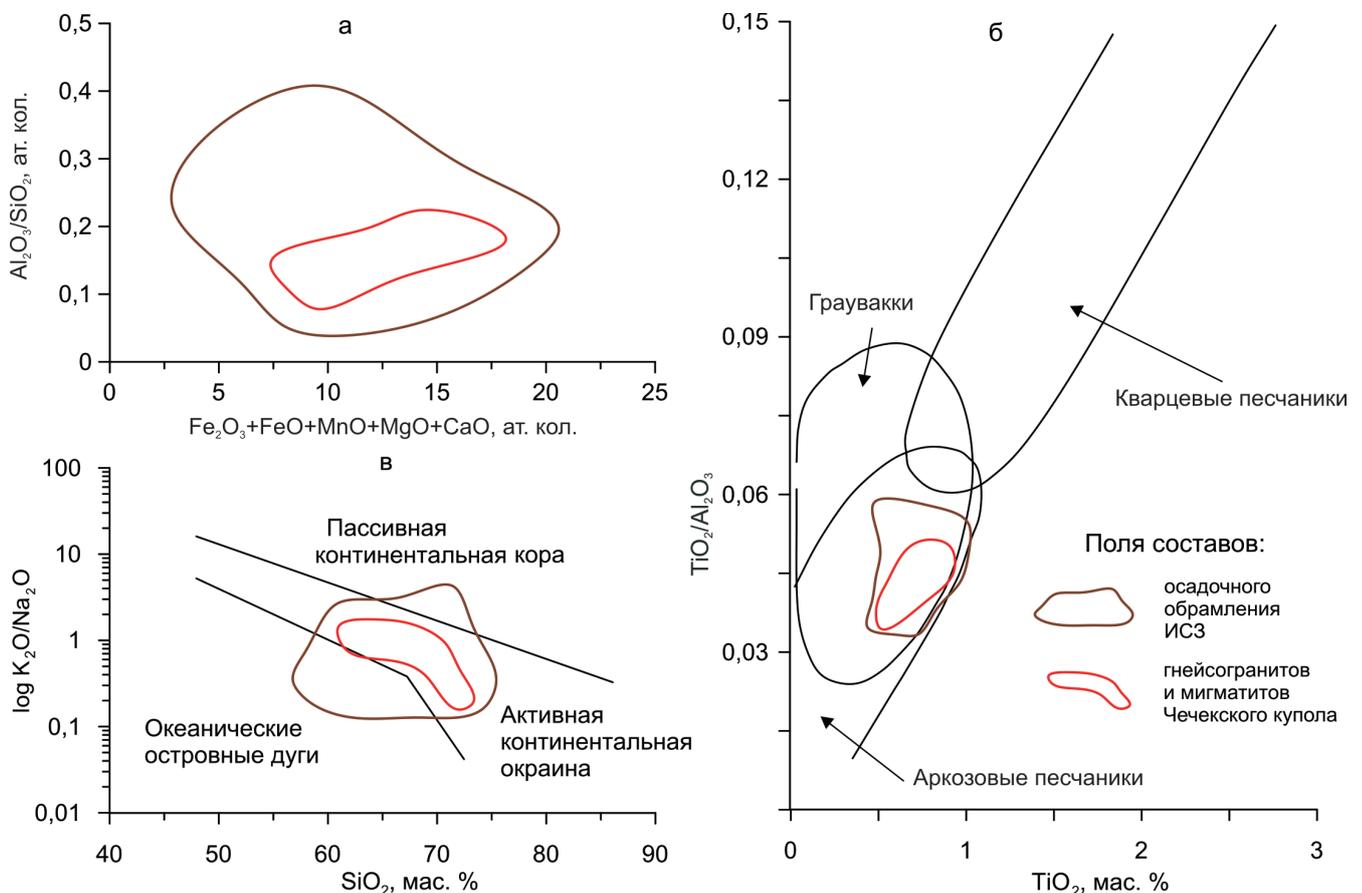


Рис. 6. Вариационные диаграммы: а – диаграмма Неелова [7] для восстановления первичного субстрата метаморфических пород; б – диаграмма Розер и Корч [14] для тектонических обстановок осадочных отложений; в – диаграмма Юдовича [9, 10] для разделения глинистых отложений



структуры меняются в диапазоне 0,26–0,46, что идентично вариациям большей части осадков Калба-Нарымской зоны (0,28–0,42 [1]) и отвечает интервалу, характерному для типичных глинистых пород и граувакк [10].

Значения алюмокремниевого модуля ( $Al_2O_3/SiO_2$ ) в гнейсогранитах варьирует в пределах 0,19–0,32, а в осадках – 0,2–0,3, что также свойственно глинистым породам.

Фемический модуль ( $(Fe_2O_3+FeO+MgO)/SiO_2$ ) в гнейсогранитах составляет 0,5–0,18, а железный модуль ( $(FeO+Fe_2O_3+MnO)/(Al_2O_3+TiO_2)$ ) – 0,17–0,46. Для песчаников Калба-Нарымского террейна фемический модуль колеблется в интервале 0,07–0,11, для алевролитов – 0,11–0,16 [9]. Такие значения отвечают типичным терригенным песчаникам и алевролитам. Значения железного модуля в большинстве осадочных пород укладываются в интервал 0,20–0,45, что характеризует их как нормально-железистые [9, 10]. Они попадают в область аркозовых песчаников и граувакк (см. рис. 6). По А. Н. Неелову, для глинистых пород по соотношению глиноземистого модуля (параметр  $a = Al_2O_3/SiO_2$ , ат. кол.) и параметра, отражающего общую меланократовость ( $b = Fe_2O_3+FeO+MnO+MgO+CaO$ , ат. кол.) первичный субстрат гнейсогранитов можно отнести к группе олигомиктовых псаммитолитов и алевролитов аркозового состава [7] (см. рис. 6).

## Выводы

Показано, что химический и минеральный состав пород Чечекского купола (наличие кордиерита, граната и фибролита) отвечает первично коровому происхождению пород, а вещественный состав указывает на то, что гнейсограниты и мигматиты породы соответствуют алевро-песчанистым отложениям такырской серии пород. Отсюда следует, что породы Чечекской купольной структуры были образованы на месте (in situ), непосредственно в структурах ИЗС. Возрастной рубеж (312 млн лет) теплового воздействия на осадочные породы, скорее всего, предшествовал заложению Калба-Нарымского разлома при внедрении Суровского габброидного массива, который обеспечил защиту от поздних сдвиговых деформаций.

Работа выполнена при финансовой поддержке партнерского проекта 15-35-20815 мол\_а\_вед «Эволюция механизмов мантийно-корового взаимодействия в истории развития позднепалеозойского магматизма Центральной Азии (на примере Алтайской коллизийной системы герцинид)» и проекта СО РАН-УрО РАН, ИП 77 «Магматизм, метаморфизм и рудогенерирующий потенциал алтаид и уралид».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вещественный** состав и источники осадочных толщ Калба-Нарымского террейна (Восточный Казахстан) [Текст] / П. Д. Котлер, Н. Н. Крук, С. В. Хро-

мых, О. В. Навозов // Вестн. ТГУ – 2015. – № 400. – С. 345–353.

2. **Геология СССР**. Т. ХLI. Восточный Казахстан [Текст] / под ред. В. П. Нехорошева, Ш. Е. Есенова. – М., 1967. – Ч. 1. – 467 с.; Ч. 2. – 1974. – 396 с.

3. **Довгаль, В. Н.** О происхождении позднепалеозойских литий-фтористых гранитов Юго-Западного Алтая [Текст] / В. Н. Довгаль, А. Н. Дистанова, С. А. Саботович [и др.] // Геология и геофизика. – 1995. – Т. 36, № 3. – С. 64–72.

4. **Магматические** формации и комплексы Зайсанской складчатой области и проблема их корреляции [Текст] / В. Е. Кузубный, П. В. Ермолов, Н. В. Полянский [и др.] // Проблемы магматической геологии Зайсанской складчатой области / под ред. К. А. Абдрахманова и А. П. Кривенко. – Алма-Ата : Наука, 1981. – С. 4–38.

5. **Марьин, А. М.** Доорогенные магматические и ультраметагенные комплексы Иртышской зоны смятия [Текст] / А. М. Марьин // Проблемы магматической геологии Зайсанской складчатой области / под ред. К. А. Абдрахманова и А. П. Кривенко. – Алма-Ата : Наука, 1981. – С. 52–72.

6. **Навозов, О. В.** Новые данные о стратиграфии верхнепалеозойских отложений Юго-Западной Ангариды (Восточный Казахстан) [Текст] / О. В. Навозов, Л. А. Гоганова, А. М. Глухов // Ископаемые растения и стратиграфия позднего палеозоя Ангариды и сопредельных территорий : матер. коллоквиума (Москва, Главный ботанический сад РАН). – М. : ГЕОС, 2009. – С. 51–55.

7. **Неелов, А. Н.** Химическая классификация осадочных пород для изучения метаморфических комплексов докембрия [Текст] / А. Н. Неелов // Литология и геохимия раннего докембрия. – Апатиты, 1977. – С. 96–105.

8. **Савинский, И. А.** Чечекская гранитогнейсовая структура (Иртышская зона смятия) [Текст] / И. А. Савинский, В. Г. Владимиров, В. П. Сухоруков // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2015. – № 1. – С. 15–23.

9. **Юдович, Я. Э.** Региональная геохимия осадочных толщ [Текст] / Я. Э. Юдович. – Л. : Наука, 1981. – 276 с.

10. **Юдович, Я. Э.** Геохимические признаки преотложения кор выветривания в ордовикских отложениях Печорского Урала [Текст] / Я. Э. Юдович, Б. Я. Дембовский, М. П. Кетрис // Ежегодник-1976 Ин-та геологии Коми фил. АН СССР. – Сыктывкар, 1977. – С. 133–140.

11. **Юрченков, Е. М.** Новые данные о внутреннем строении Таловского ультрабазит-габброидного массива [Текст] / Е. М. Юрченков // Проблемы магматической геологии Зайсанской складчатой области. – Алма-Ата : Наука, 1981. – С. 114–120.

12. **Harker, A.** The natural history of igneous rocks [Text] / A. Harker. – London : Methuen, 1909.

13. **Herron, M. M.** Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data



[Text] / M. M. Herron // *Journal of Sedimentary Petrology*. – 1988. – Vol. 58, N 5. – P. 820–829.

14. Roser, B. D. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio [Text] / B. D. Roser, R. J. Korsch // *The Journal of Geology*. – 1986. – Vol. 94, N 5 – P. 635–650.

## REFERENCES

1. Kotler P.D., Kruk N.N., Khromykh S.V., Navozov O.V. *Veshchestvennyy sostav i istochniki osadochnykh tolshch Kalba-Narymskogo terreyna (Vostochnyy Kazakhstan)* [Material composition and sources of sedimentary strata of the Kalba-Narym terrain]. *TSU Proc.*, 2015, no. 400, pp. 345–353. (In Russ.).

2. *Geologiya SSSR. T. XLI. Vostochnyy Kazakhstan* [Geology of the USSR. Vol. 41. East Kazakhstan]. Nekhoroshev V.P., Esenova Sh.E. eds. Moscow, Pt 1, 1967, 467 p.; Pt 2, 1974, 396 p. (In Russ.).

3. Dovgal V.N., Distanova A.N., Sabotovich S.A., et al. *O proiskhozhdenii pozdnepaleozoyskikh lity-ftoristykh granitov Yugo-Zapadnogo Altaya* [Origin of the Late Paleozoic lithium-fluoride granites in the Southwestern Altai]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 1995, vol. 36, no. 3, pp. 64–72. (In Russ.).

4. Kuzebnyy V.E., Ermolov P.V., Polyanskiy N.V., et al. [Magmatic formations and complexes of the Zaysan area of folding and their correlation]. *Problemy magmaticheskoy geologii Zaysanskoy skladchatoy oblasti* [Magmatic geology of the Zaysan area of folding]. Abdrakhmanova K.A., Krivenko A.P. eds. Almaty, Nauka Publ., 1981, pp. 4–38. (In Russ.).

5. Maryin A.M. [Preorogenic magmatic and ultrametagenic complexes of the Irtysh shear zone]. *Problemy magmaticheskoy geologii Zaysanskoy skladchatoy oblasti* [Magmatic geology of the Zaysan area of folding]. bdrakhmanova K.A., Krivenko A.P. eds. Almaty, Nauka Publ., 1981, pp. 52–72. (In Russ.).

6. Navozov O.V., Goganova L.A., Glukhov A.M. [New findings in the Upper Paleozoic stratigraphy of the Southwestern Angarida (East Kazakhstan)]. *Iskopaemye rasteniya i stratigrafiya pozdnego paleozoya Angaridy*

*i soprodel'nykh territoriy* [Fossil fauna and stratigraphy of the Late Paleozoic Angarida and the adjacent territories]. Colloquium Proceedings (Moscow, Main Botanic Garden of RAS, March 31 – April 3, 2009). Moscow, GEOS Publ., 2009, pp. 51–55. (In Russ.).

7. Neelov A.N. [Climate classification of sedimentary rocks for study of the pre-Cambrian metamorphic complexes]. *Litologiya i geokhimiya rannego dokembriya* [Lithology and geochemistry of the Early pre-Cambrian]. Apatity, 1977, pp. 96–105. (In Russ.).

8. Savinskiy I.A., Vladimirov V.G., Sukhorukov V.P. [Chechek granite-gneiss structure (Irtysh shear zone)]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2015, no. 1, pp. 15–23. (In Russ.).

9. Yudovich Ya.E. *Regional'naya geokhimiya osadochnykh tolshch* [Regional geochemistry of sedimentary strata]. Leningrad, Nauka Publ., 1981. 276 p. (In Russ.).

10. Yudovich Ya.E., Dembovskiy B.Ya., Ketris M.P. [Geochemical features of re-deposition of weathering crusts in sedimentary strata in the Pechora region of the Urals]. *Ezhegodnik-1976 In-ta geologii Komi fil. AN SSSR – Annual report of the Institute of Geology for the year 1976, AS USSR Branch in Komi*. Syktyvkar, 1977, pp. 133–140. (In Russ.).

11. Yurchenkov E.M. [New findings in the internal structure of the Talaya ultrabasic-gabbro massive]. *Problemy magmaticheskoy geologii Zaysanskoy skladchatoy oblasti* [Magmatic geology of the Zaysan area of folding]. Almaty, Nauka Publ., 1981, pp. 114–120. (In Russ.).

12. Harker A. *The natural history of igneous rocks*. London, Methuen, 1909.

13. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1988, vol. 58, no. 5, pp. 820–829.

14. Roser B.D. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio. *The Journal of Geology*, 1986, vol. 94, no. 5, pp. 635–650.

© И. А. Савинский, П. Д. Котлер,  
В. Г. Владимиров, 2016

САВИНСКИЙ Илья Александрович, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, аспирант. E-mail: [ilya.savinskiy@gmail.com](mailto:ilya.savinskiy@gmail.com)

КОТЛЕР Павел Дмитриевич, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, мл. науч. сотр. E-mail: [pkotler@igm.nsc.ru](mailto:pkotler@igm.nsc.ru)

ВЛАДИМИРОВ Владимир Геннадьевич, Институт геологии и минералогии СО РАН, НГУ, Новосибирск, ст. науч. сотр., к.г.-м.н. E-mail: [vvg@igm.nsc.ru](mailto:vvg@igm.nsc.ru)

SAVINSKY Ilya, Institute of Geology and Mineralogy of SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: [ilya.savinskiy@gmail.com](mailto:ilya.savinskiy@gmail.com)

KOTLER Pavel, Institute of Geology and Mineralogy of SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: [pkotler@igm.nsc.ru](mailto:pkotler@igm.nsc.ru)

VLADIMIROV Vladimir, PhD, Institute of Geology and Mineralogy of SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: [vvg@igm.nsc.ru](mailto:vvg@igm.nsc.ru)

Подписано в печать 15.06.16. Формат 60×84/8. Бумага офсетная 80 г/м<sup>2</sup>. Печать цифровая.

Тираж 160 экз. Гарнитура Calibri. Объем 15,75 печ. л. Заказ №

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ПАО «Т8 Издательские Технологии»

109316, Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корпус 5.

Тел: 8 (495) 322 38 30

[www.t8print.ru](http://www.t8print.ru)