



ДЕФЕКТЫ МАГМОФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА

В. Л. Хомичев¹, Н. Е. Егорова²¹Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия, ²Институт недропользования Иркутского национального технического университета, Иркутск, Россия

Формационный анализ магматических образований – большое достижение советской науки в плане классификации естественных сообществ магматических пород в целях прогноза и поисков связанных с ними месторождений. Но в силу сложности самой проблемы, неопределенности границ между формационными типами в практике геологических работ имеются многочисленные дефекты, которые со всей очевидностью обнаружались при региональной и межрегиональной корреляции магматических комплексов Алтае-Саянской области и Енисейского кряжа. Проанализированы причины и следствия этих дефектов, пути их исправления.

Ключевые слова: магматические формации и комплексы, критерии валидности, дефекты выделения и картирования.

DEFECTS OF MAGMA FORMATION ANALYSIS

V. L. Khomichev, N. E. Egorova

¹Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia; ²Institute of Surface Management of Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

The formation analysis of igneous rocks is a great achievement of the Soviet science in terms of classifying natural communities of magmatic rocks for the purpose of forecasting and prospecting of associated deposits. But due to the complexity of the problem itself, the uncertainty of boundaries between formational types in the practice of geological works, there are numerous defects that were clearly observed during the regional and interregional correlation of magmatic complexes of the Altai-Sayan region and Yenisey Ridge. The reasons and consequences of these defects, ways of their correction are analyzed.

Keywords: magmatic formations and complexes, validity criteria, defects of allocation and mapping.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-1-3-17

По мере изучения магматических пород становилось очевидным, что, несмотря на их разнообразие, наблюдаются некоторые устойчивые повторяющиеся ассоциации. Поэтому возникла потребность какой-то их систематизации в надежде увязать определенные типы оруденения с определенными же ассоциациями магматических пород.

Так родилась идея о естественных магматических формациях как закономерных генетически связанных ассоциациях магматических пород и руд [6, с. 7]. Общность их происхождения теоретически связывалась с двумя факторами – близким составом исходной магмы и однотипным трендом эволюции магматического процесса. Те же факторы определяют и различия между ассоциациями разных типов. Ограниченное число первичных магм и путей их эволюции (по геологическим наблюдениям и экспериментам) приводили к априорному выводу, что количество магматических формаций (типов) должно быть небольшим. Из этих теоретических предпосылок исходил и Ю. А. Кузнецов в первой классификации магматических формация [6]. Но к тому времени формационное направление уже широко развивалось в СССР и привело к потоку многочисленных конкретных комплексов и формационных типов, основанных на материалах отдельных регионов и даже мелких районов. Это обстоятельство довлело и над Ю. А. Кузнецовым. Вопреки принципиальным научным предпосылкам и соображени-

ям о небольшом количестве формационных типов, следуя уже статистическим опубликованным геологическим данным, он выделил 28 формаций, охватывающих магматизм всех структур Земли – щитов, платформ, устойчивых областей и подвижных зон [6]. Но это не остановило горячие головы. Количество формаций и противоречивых формационных схем продолжало расти. Состав, строение, положение их в общей структуре и истории регионального магматизма потеряло определенность. Широкие разногласия вызвали сомнения в эффективности и целесообразности формационного метода, в объективном существовании естественных ассоциаций магматических пород с устойчиво повторяющимися характеристиками. Высказывались даже предложения заменить магматические формации «объективными» статистическими петрохимическими трендами.

В такой ситуации своевременной стала коллективная монография сотрудников ВСЕГЕИ «Магматические формации СССР» [10], в которой формационный подход был узаконен, а также было четко указано, что главные его задачи – «установление повторяющихся ассоциаций, их типизация, определение объема и границ формационных видов, установление условий их проявления, выявление устойчивых сочетаний формационных видов во времени и пространстве, связей с геологическими структурами, выявление металлогенических осо-



бенностей (связей месторождений определенных типов с определенными видами ассоциаций магматических пород)» [10, с. 7]. Объектами формационных исследований являются магматические комплексы, совокупности магматических комплексов и различные их сообщества. В указанной монографии приведены определения комплекса и формации, согласованные ведущими петрологами после долгих обсуждений и повторенные позже в Петрографическом кодексе. Под *магматическим комплексом* понимается ассоциация изверженных пород (группа тел) и их производных, слагающих отдельные тела и их совокупности, проявляющаяся в фиксированном геологическом пространстве и времени, обладающая определенными особенностями состава, строения и соотношений с окружающей структурой, указывающими на *общность процессов образования* членов этой ассоциации» [15]. Это предполагает, что комплекс образован системой геологических тел изверженных пород, расположенных в пределах ограниченных структурно-формационных зон, в течение определенного ограниченного времени, т. е. возникших в течение одного тектономагматического процесса. Но нигде не говорится, что комплексом может быть какая-то отдельная часть магматического тела, а тело в целом может включать несколько комплексов и быть, таким образом, полиформационным. Напротив, магматическое тело (массив) понимается как генетическое целое.

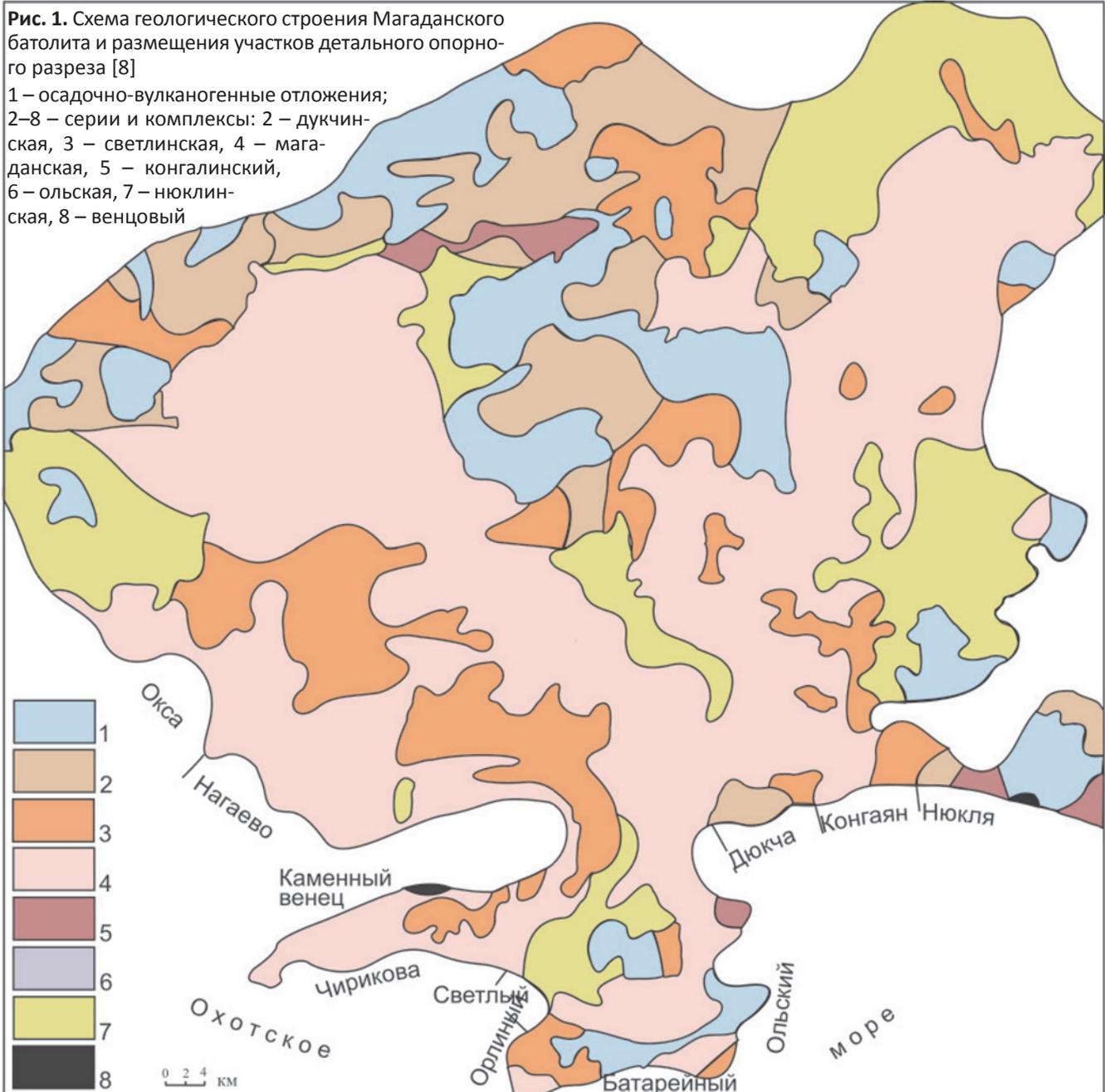
Магматическая формация – это совокупность ассоциаций изверженных пород (комплексов) одного типа, устойчиво повторяющихся в геологическом пространстве и времени и сохраняющих при этом характерные особенности состава, внутреннего строения и соотношений с окружающей средой. Формация предполагает однотипность процессов образования входящих в нее ассоциаций. Таким образом, эмпирико-статистический подход в понимании комплекса и формации, господствовавший прежде, когда накапливался фактический материал, уступил место генетическому принципу, на котором настаивал и Ю. А. Кузнецов. Ассоциации магматических пород образуются не случайно, а по строгим естественным закономерностям, они обусловлены общностью происхождения и потому повторяются многократно в близких геологических условиях, и их не может быть много.

Однако эти строго научные положения Ю. А. Кузнецова на практике не соблюдены. Количество выделенных по частным особенностям формационных типов, в том числе мелких, монопородных и экзотических (ликвационных), явно невалидных, росло беспредельно, и более 100 из них «узаконены» в монографии ВСЕГЕИ [10]. Таким образом генетические петрологические основы формационного анализа (от общих теоретических предпосылок к частному конкретному приложению) уступили прагматическому подходу при геокартировании

через стратиграфию и геотектонику, металлогению и поиски, от конкретных ассоциаций – к обобщению в форме абстрактных формаций. Магматические формации по-прежнему выделяют и характеризуют по привычным внешним факторам – вещественному составу и геологическим условиям, которые не только не несут каких-то определенных ограничительных критериев, но и расширяют комплексотворчество и формационное множество. И такой формационный анализ стал обычным, явно неоправданным методом исследования.

Вопреки ожиданиям Ю. А. Кузнецова, что «при достаточно тщательных полевых исследованиях, сопровождающихся целеустремленной обработкой полевых материалов, расчленение магматических пород не составляет особого труда» [6, с. 1], одно-временное массовое геокартирование на огромной территории СССР без какого-либо контроля и координации со стороны главной редколлегии Научно-редакционного совета (НРС) и его филиалов привело к широкому разнообразию мнений по основным вопросам не только систематики, но и самого понятия магматической формации, поскольку объем и границы каждого типа определяются с трудом, а то и совсем не могут быть определены. Со всей очевидностью это обнаружилось при многолетних процедурах региональной и межрегиональной корреляции магматических комплексов Алтае-Саянской области и Енисейского края [13, 18].

Одной из главных причин комплексотворчества являются *резкие контакты* между магматическими породами, обычно интерпретируемые как внедрение молодого комплекса в древний. Можно привести множество примеров, когда резкие контакты даже между близкими породами огульно без размышлений принимаются за межформационные (между комплексами). Особо преуспели в этом Э. П. Изох и др. [8]. На государственной геологической карте листа О-56-1 в Магаданском гранитоидном плутоне, прежде относившемся к охотскому комплексу, на основании детального изучения прибрежных скальных прибрежных обнажений на 10 изолированных участках по многочисленным резким контактам, безоговорочно принятым за акты внедрения, выделено семь магматических серий и комплексов с 6–7 фазами в каждом (рис. 1). Размещение их внутри плутона беспорядочное: мелкие бесформенные пятна, не подчиняющиеся каким-либо структурно-тектоническим закономерностям. В результате получилась совершенно невообразимая, необъяснимая, абсурдная ситуация в виде полигенного полихронного плутона. Представить себе механизм формирования этого «лоскутного одеяла» невозможно. На наш взгляд, это пример очевидного петрологического невежества. Повторим, что в Петрографическом кодексе понятие магматического комплекса трактуется как «группа массивов и слагающих их пород, обладающих признаками родства», но не отдельных их частей.



Выделение в одном теле нескольких автономных комплексов невозможно, как невозможны и полиформационные полигенные массивы. Тем не менее карта и объяснительная записка к ней апробированы на всех уровнях и одобрены главной редколлегией и НРС ВСЕГЕИ. Как тут не обратить внимание на то, что Ю. А. Кузнецов особо предупреждал: магматические комплексы всегда многоактные и резкие контакты могут быть межфазовыми. Более того, по опыту непосредственных полевых наблюдений он справедливо утверждал, что пространственное сонахождение магматических пород свидетельствует об их сопроисхождении, в особенности если оно много раз повторяется [7]. Следовательно, Магаданский плутон – это единое тело одного охотского комплекса, а рис. 1 – пример типичного безграмотного комплексотворчества.

Еще более поразительно полное отсутствие на геологических картах фаз становления, когда резкие контакты возникают в моменты остановки кристаллизации расплава в единой камере, детально обоснованные Ф. Н. Шаховым. Суть этого явления для гранитоидных расплавов с летучими компонентами совершенно очевидна: при затвердевании плутона на фронте кристаллизации накапливаются летучие компоненты, которые по мере флюидизации не только замедляют и останавливают кристаллизацию, но и вызывают обратный процесс реакционного физико-химического взаимодействия расплава с только что образовавшейся твердой (еще не консолидированной) породой, которая частично растворяется (разъедается), но главным образом механически дезинтегрируется на псевдообломки (псевдобрекчии), теньевые ксе-

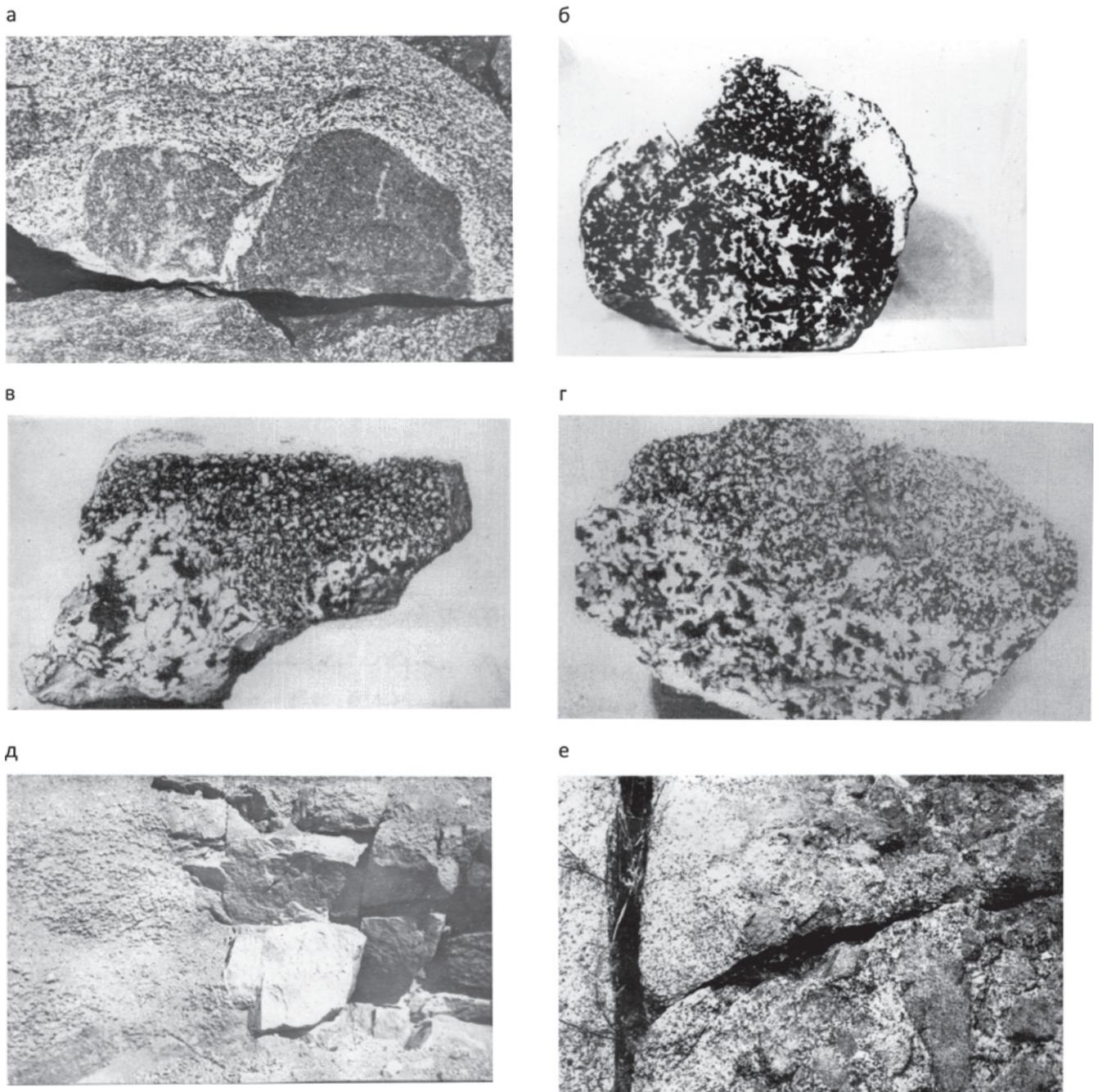


Рис. 2. Реакционные отношения твердой и флюидно-жидкой фаз в период приостановки затвердевания расплава в камере

а – обтекание диоритовым расплавом дезинтегрированных «обломков» габбро, инъекции расплава в «обломки» с выравниванием составов; б – трубчатая инъекция флюидизированного диоритового расплава в габбро во время приостановки кристаллизации; в – реакционные отношения флюидизированного диоритового расплава с габбро; г – то же с выравниванием составов; д – резкая граница лейкогранита с предшествующими биотитовыми гранитами (слева) и постепенный переход между ними (справа сверху); е – мелкие округлые астенолиты (дезинтегрированные «ксенолиты») диорита во флюидизированном граните

нолиты, скиалиты, такситовые меланократовые мнимо гибридные гнезда (рис. 2). После сброса летучих расплавов оказывается резко «переохлажденным» и кристаллизуется с резким контактом тонкозернистых фаций, которые принимают за зоны закалки (см. рис. 2, д). Но это не температурный, а физико-химический эффект от влияния летучих компонентов на ход прерывисто-непрерывной кристаллизации эволюционирующей по

составу однажды внедренной магмы. Остановки кристаллизации происходят многократно до самых поздних остаточных гранитов [23, с. 256]. Но такие неизбежные фазы становления плутона геологами еще не осознаны, резкие контакты рассматриваются однозначно как факт внедрения нового расплава (магмы), как граница фаз или комплексов. Это ведет к неоправданному пагубному комплексотворчеству, когда в одном массиве, а то и мелком

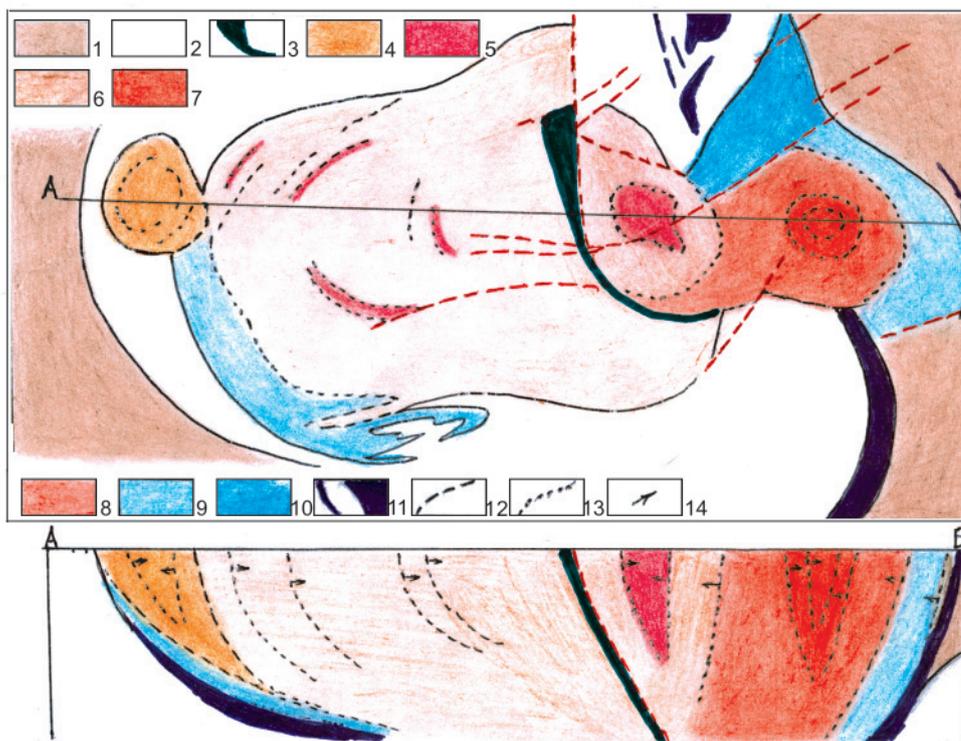


Рис. 3. Джабыкский массив (Средний Урал) по [15], разрез составлен В. Л. Хомичевым
 1 – вулканогенно-осадочные отложения P_2 ; 2 – гнейсы, амфиболиты аЕ; 3–10 – гранитоидные комплексы: 3 – кожубаевский габбро-гранитный (малые интрузии второго этапа), 4 – родничковский монцогранитный (фаза дополнительной интрузии); 5–6 – джабыкский гранитный: 5 – лейкограниты Аякского штока и мелких тел (остаточные), 6 – биотитовые граниты; 7–8 – ольховский гранитный (близконтактная фация джабыкского), граниты; 7 – мелкозернистые, 8 – средне-крупнозернистые; 9 – мочагинский монцонит-граносиенитовый (краевая фация), 10 – великопетровский тоналит-гранодиоритовый (аналогичная мочагинскому краевая фация); 11 – серпентиниты (ранние кристаллизаты исходной базитовой магмы); 12–13 – фазы: 12 – внедрения, 13 – становления (остановки кристаллизации); 14 – перемещение фронта затвердевания (в скобках – примечания В. Л. Хомичева)

штоке выделяют несколько автономных комплексов одного или близкого возраста.

Показательный пример такого комплексотворчества и нелепой интерпретации строения и становления плутонов представляет Джабыкский гранитоидный массив на Среднем Урале. По мнению Т. А. Осиповой [15], массив состоит из семи комплексов, образующих единую концентрически-зональную кольцевую структуру, в которой меланократовые породы слагают периферию, а гранитоиды – внутреннюю область (рис. 3). Да и по вещественному составу они близки: изотопия стронция у всех гранитоидов одна – 0,703–0,704. Поэтому Т. А. Осипова считает, что все семь комплексов образовались из одного корового очага в течение длительного периода его существования (240–280 млн лет) путем переплавления островодужных пород.

Какие возникают сомнения и возражения?

1. Т. А. Осипова, будучи уверена в достоверности радиологического датирования, не усомнилась в том, что очаг не мог существовать 40 млн лет и пережить семь актов тектономагматической активизации.

2. Неясно, почему все семь комплексов внедрились в одну точку (одну камеру) закономерным центробежным размещением. Правдоподобнее было бы предположение об их структурно-пространственном разобщении.

3. Необъяснимо появление меланократового кожубеевского комплекса в конце гранитоидного процесса в нарушение естественной гомодромной эволюции.

4. Т. А. Осипова исключила серпентиниты из Джабыкского массива как чужеродные, а между тем у восточного контакта серпентиниты морфоструктурно согласуются с мочагинскими монцонитами и, очевидно, находятся с ними в родственных отношениях. В таком случае они являются ранними образованиями массива – представителем недифференцированной исходной базитовой магмы, а массив – одной габбро-гранитной формации.

5. Несмотря на исключительно мантийные метки изотопов стронция, Т. А. Осипова не может отказаться от традиционной коровой природы гранитоидов.

6. По определению Ю. А. Кузнецова, повторенному в Петрографическом кодексе, комплекс – это

группа тел (ареал массивов), характеризующихся общностью. И нигде не допускается, что отдельным комплексом может быть лишь часть магматического тела, в том числе в Джабыкском массиве. Представления Т. А. Осиповой – типичное комплексотворчество. А фактически семь комплексов из одного очага – это семь фаз близкого состава, большая часть которых представляет собой фазы становления (границы между джабыкскими и ольховскими гранитами, между мочагинскими монцогранитами и ольховскими, джабыкскими гранитами и др.).

Джабыкский массив не полиформационный, а многофазный, дифференцированный зональный генетически единый представитель габбро-гранитного формационного типа.

Убедительным и наглядным примером фазы становления при остановке кристаллизации является Ларинская дайка в окрестностях Томска. Она впервые описана К. В. Ивановым как «дайка в дайке» и до сих пор многими воспринимается именно так. Внутри главной крутопадающей дайки монцонита залегает согласная с ней дайка аналогичного состава мощностью 3 м. На хорошо обнаженном верхнем контакте монцониты-2 имеют узкую тонкозернистую кайму, принимаемую за зону закалки, но не наблюдается никаких тектонических признаков внедрения позднего расплава в затвердевший монцонит-1 (дробление, параллельная контактам трещиноватость, тонкие апофизы монцонита-2 по трещинам). Напротив, породы в контакте спаяны в однородную массу. Второго, нижнего контакта во время коллективной экскурсии новосибирские ученые не нашли. Очевидно, его и нет, поскольку монцониты-2 не внедрялись, а образовывались (после остановки кристаллизации в связи с накоплением летучих во фронте затвердевания) с ее возобновлением после их сброса. Тонкозернистая кайма у монцонитов-2 – это не температурный эффект, а признак «переохлажденного» состояния расплава из-за сброса летучих. К сожалению, процесс кристаллизации магм с участием летучих еще не осознан большинством геологов.

Так искажается геологическая история, неправильно преподносится эволюция магматического процесса, нарушаются связи с ним оруденения, исключаются достоверный анализ рудно-магматических систем, их прогноз и поиски. А в ряде случаев такие заблуждения вообще ставят крест на связи оруденения с магматизмом, возрождая ложные гипотезы стратиформного осадочно-гидротермального, осадочно-вулканогенного рудообразования.

В качестве иллюстрации приведем несколько примеров.

Кундустуюльский массив (площадь 60 км²) в Кузнецком Алатау служил петротипом габбро-плагиогранитной формации [6], а при ГСР-50 и ГСР-200 в нем выделены три автономных комплекса: 1) московкинский перидотит-пироксенит-габбровый (фактически мелкие гнезда кумулатов оливина и орто-

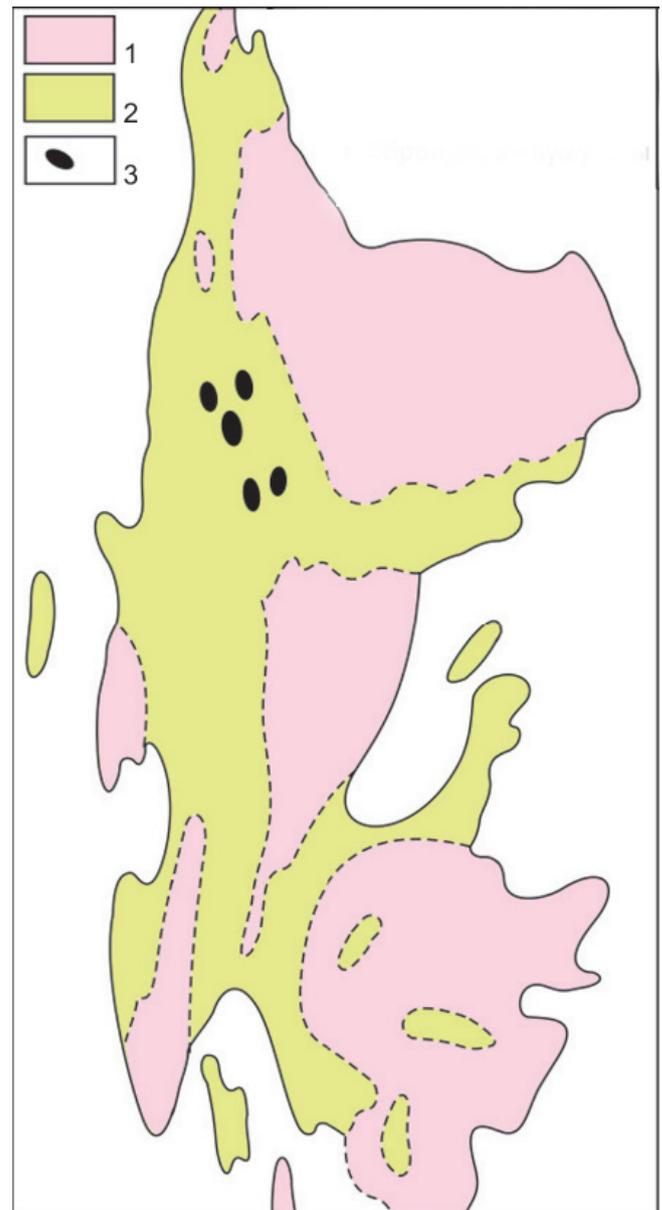


Рис. 4. Кундустуюльский массив

1 – плагиограниты («богородский комплекс»); 2 – кумулаты ультраосновного состава («московкинский комплекс»); 3 – габброиды («кундустуюльский комплекс»)

пироксена), 2) кундустуюльский габбро-диорит-диабазовый, 3) богородский плагиогранитовый (рис. 4). Несостоятельность такого расчленения очевидна и без обсуждения.

В Кандыгатайском массиве (Казахстан), по П. В. Ермолову и др. [3], совмещены четыре разновозрастных (С₂) комплекса (рис. 5), которые, по существу, образуют один гомодромно дифференцированный ряд от саурской габбро-диорит-тоналитовой ассоциации до жарминской гранитовой с подщелоченной кандыгатайской фацией. Меланократовые породы на периферии сменяются к центру все более кислыми, а в ядерной зоне находятся крупнозернистые граниты глубокого уровня. Конформное внутреннее строение, подчиненное округлой морфологии массива, невозможно объяснить многократным внедрением магмы из глубинного очага,

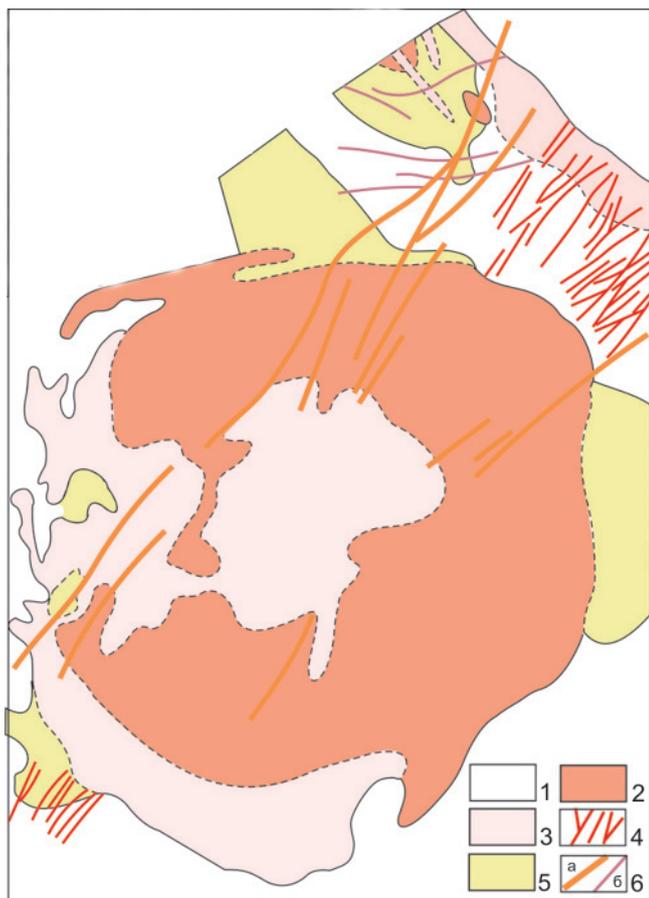


Рис. 5. Кандыгатайский гранитный плутон, по [3]
 1 – вулканогенно-осадочные отложения C_1 ; 2–4 – комплексы: 2 – кандыгатайский гранит-граносиенитовый, 3 – керегетас-эспинский щелочно-гранитный, 4 – жарминский гранитный; 5 – саурская габбро-диорит-тоналитовая серия; 6 – послегранитовые дайки гранит-порфиров кандыгатайского (а) и жарминского (б) комплексов

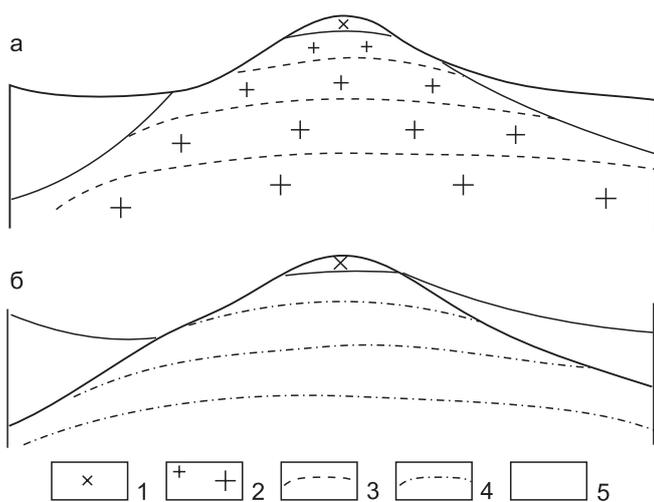


Рис. 6. Разрез купола массива Сарытау (Центральный Казахстан): а – по [28], б – по автору с учетом представлений Ф. Н. Шахова [27]
 1–3 – фазы становления: 1 – аплитовидный гранит, 2 – мелко-, средне- и крупнозернистые граниты, 3 – границы фаз; 4 – тонкозернистые фации кристаллизации после остановки; 5 – вмещающие породы

как считают П. В. Ермолов и др., а только последовательным центробежным перемещением фронта кристаллизации. Этот естественный принцип становления и зональности гранитоидных плутонов разработан Е. В. Шевченко [28] на массиве Сарытау (рис. 6) и в однозначном виде представлен на Боровском массиве в Северном Казахстане (рис. 7) [9]. Но все эти очевидные закономерности остаются без внимания при государственном геологическом изучении территории России.

В результате многолетних работ на Рудном Алтае корифеи советской геологии выделяли здесь близвозрастные (E_3-P) и пространственно совмещенные змеиногорский меланократовый и калбинский гранитный комплексы. С первым связывали колчеданно-полиметаллические месторождения, со вторым – редкометалльное оруденение. В легенде ГСР-200 классический калбинский комплекс исчез, а от змеиногорского сохранились лишь реликты. Но зато появилось семь новых невалидных или условно валидных комплексов мелких размеров, локального распространения с незакономерными случайными соотношениями, в том числе с необъяснимым совмещением трех-четырех комплексов в небольших штоках (рис. 8). Много аналогичных примеров критически рассмотрено в [21] и монографиях по рудно-магматическим системам медно-молибденовых, золоторудных и полиметаллических месторождений.

Дефекты формационного расчленения магматических пород кроются и в многочисленных петрологических противоречиях [20–23], на которые заинтересованные ответственные лица и организации не обращают внимания. Повторим наиболее важные из них.

Тектоника и магматизм. Тектоническая позиция – одно из главных условий выделения, картирования и корреляции магматических комплексов, продиктованное тесной взаимосвязью тектоники и магматизма. Трудно определить, что из них первично. Магматический комплекс контролируется определенной глубинной тектонической структурой. Этим обусловлены поясное размещение массивов комплекса вдоль «родной» ему структуры и *соизмеримость масштабов* тектонических и магматических процессов. Магмоконтролирующей тектоники мелкого масштаба быть не может и, соответственно, не может быть локальных магматических комплексов, а только крупные магматические пояса. Возможно ли в одной структуре несколько комплексов? В Алтае-Саянской складчатой области начиная от Сибирской платформы докембрийский магматизм развит в Протеросаяне и на его продолжении – Енисейском кряже. А далее на юго-запад за глубинным разломом развит кембрийский магматизм (Восточный Саян), потом каледонский (Западный Саян, Тува, Кузнецкий Алатау) и герцинский (Горный Алтай, Салаир). Наложение молодого магматизма на более древний может наблюдаться

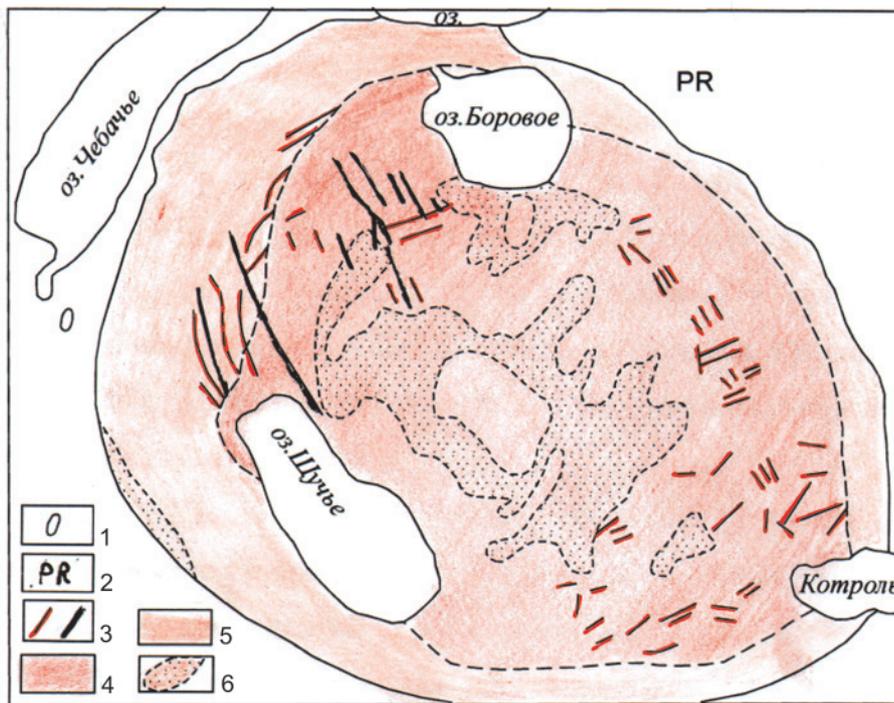


Рис. 7. Боровский гранитоидный массив (Северный Казахстан), по [3] Вмещающие породы: 1 – ордовика, 2 – докембрия; 3 – дайки кислого и основного состава; 4–5 – фазы становления: 4 – крупнозернистые биотитовые граниты фации ядра, 5 – мелкозернистые порфирированные граниты эндоконтактовой фации, 6 – аплитовидные различия

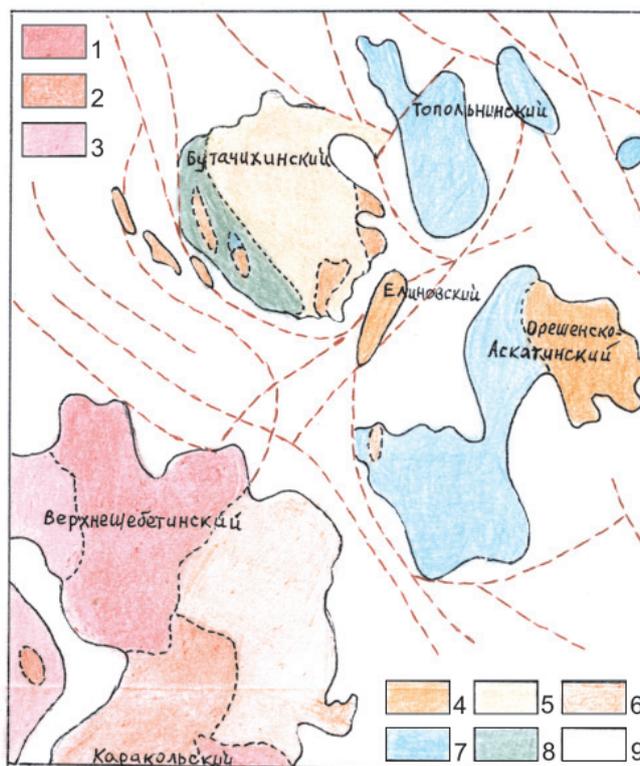


Рис. 8. Топольнинский магматический ареал (Горный Алтай, лист М-45-1), по В. А. Кривчикову и др. (2001)

1–8 – комплексы: 1 – белокурихинский гранитный Р–Т, 2 – боровлянский гранитный D_3 , 3 – устьбеловский гранитный D_3 ; 4–5 – елиновско-бутачихинский D_3 : 4 – рибекитовые граниты, 5 – биотитовые граниты; 6–8 – топольнинский D_2 : 6 – лейкограниты, граниты, 7 – диориты, 8 – габброиды; 9 – вмещающие породы О– D_1

большая часть фаз в нем – это фазы становления, а не внедрения (см. рис. 1).

Несомненная связь тектоники и магматизма, к сожалению, только постулируется, но серьезно не рассматривается, не используется, и совмещение в одной структуре нескольких комплексов наблюдается постоянно и никого не смущает. Вот уж поистине, как говорится, разум имеет пределы, а глупость беспредельна.

Возрастные противоречия. Геологический возраст – важная характеристика магматического комплекса. Когда он обеспечивается надежным фактическим материалом, дискуссий не возникает. С региональных позиций, оперируя всей совокупностью материалов по массивам магматического комплекса, удается установить и нижнюю (по одним телам) и верхнюю (по другим) временные границы. Дополнительным аргументом служит стратиграфическая колонка, поскольку в период тектономагматических событий в регионе отмечается крупный четко выраженный перерыв в осадконакоплении, а в базальных конгломератах после перерыва присутствует галька пород нижележащего комплекса.

Такие тектономагматические комплексы, как правило, бывают крупными, протяженными, заведомо валидными, реперными в истории региона. Но при господствующем сейчас локальном породном геокартировании их разрывают на мелкие

в пограничной полосе, а крупноплощадное совмещение допустить трудно. Тектономагматическая активизация консолидированных областей происходит по новым секущим структурам и отношения к предыдущей не имеет. Как закон: в пределах одной структурно-формационной зоны любого уровня нескольких магматических комплексов не может быть. В частности, пять комплексов в топольнинском ареале суть пять фаз одного герцинского комплекса Р–Т (см. рис. 8). Пять серий и два комплекса в Магаданском плутоне, безусловно, один многофазный габбро-гранитный комплекс, причем



подразделения, главным образом по дефектному радиологическому датированию [4]. В 2006 г. в Западно-Сибирском петросовете состоялось специальное совещание по достоверности радиологического датирования, на котором были продемонстрированы многочисленные недостатки изотопных данных, предложено сосредоточить внимание на научно-методологической стороне изотопных исследований с использованием надежных геологических полигонов [14]. Однако мода на радиологию продолжается в еще большей мере. К примеру, С. Н. Руднев на ограниченном участке Каахемского плутона (Тува) по семи пробам получил дискордантные датировки в интервале 450–562 млн лет и, безоговорочно принимая их за возраст пород, выделил семь автономных гранитоидных комплексов, ни один из которых не удовлетворяет элементарным требованиям Петрографического кодекса.

Другая сторона проблемы геологического возраста – продолжительность формирования магматического комплекса. Чисто теоретически тектономагматический процесс знаменует активный, революционный этап развития недр Земли, этап разрядки внутренней энергии, накопленной за длительный эволюционный период, поэтому он весьма кратковременный. Ю. А. Кузнецов оценивал его в первые миллионы лет. По расчету периода кристаллизации магмы продолжительность становления массивов составляет от 400 тыс. до 1 млн лет [2, 26]. Время становления молодых мезозой-кайнозойских габбро-гранитных комплексов, по которым ошибка радиологических определений невелика, колеблется, по разным авторам, от 1–2 до 3–4 млн лет [17].

На этом фоне совершенно неприемлемыми становятся предположения ряда ученых о том, что главным фактором образования крупнообъемных месторождений является весьма длительное (от 100 млн лет и более) многоэтапное функционирование их магматогенной системы. Главным аргументом служит дефектное изотопное датирование, а каких-то петрологических объяснений столь невозможного длительного существования крайней неустойчивой рудно-магматической системы не приводится. Их просто быть не может.

Вещественная общность пород магматического комплекса как производных одной исходной магмы представляется совершенно очевидной. Но в эту закономерность решительно вмешивается неизбежная дифференциация расплава. В особенности это относится в ликвации, когда возникают порой контрастные породы, резко отличающиеся от предшествующих. Поэтому в Петрографическом кодексе общность состава определяется как направленное его изменение – закономерный, выдержанный тренд. Но в практике геологических работ это положение часто не учитывают и вместо прослеживания фациальных вариаций и выяснения их причин выделяют все новые и новые липовые комплексы. Чаще всего используется щелочность. Можно при-

вести много примеров, когда тела с повышенной щелочностью выделяют как «комплекс в комплексе» нормальных известково-щелочных пород (см. рис. 1, 3, 4, 8). Хотя общеизвестно, что щелочи весьма подвижны в магматических процессах, неизбежно мигрируют на участки пониженных давлений и температур, образуя подкровельные и приконтактные фации повышенной щелочности. Кроме того, они накапливаются в поздних расплавах, обуславливая повышенную щелочность заключительных фаз, апофиз, даек. Такую локальную петрографическую щелочность конкретных тел и их ареалов следует отличать, как подчеркивал Д. С. Штейнберг, от формационной щелочности комплексов, которая характеризует весь набор пород и определяет их серийную принадлежность.

Аналогичные замечания касаются и других петро-геохимических показателей (железистость, глиноземистость, титанистость, распределение редких и редкоземельных элементов). В итоге можно сослаться на Ю. А. Кузнецова: «Конкретные магматические формации, как правило, чрезвычайно сложны и изменчивы по своему составу, в этом многообразии естественных ассоциаций бывает очень трудно найти какие-то общие признаки, характеризующие тот или иной формационный тип» [6, с. 22].

Малые интрузии и дайки самого разнообразного состава широко распространены на всех континентах, особенно в рудных полях, связанных с гранитоидными плутонами. Они настолько тесно связаны с рудообразованием, буквально вплетаются между стадиями рудоотложения, что оторвать их от единого магматического процесса невозможно. Но появление диабазовых и лампрофировых даек на стадии телетермального оруденения и даже после него, т. е. на этапе отмирания рудообразования, многие годы было загадкой. Кроме того, в молодых областях тектономагматической активизации широко развиты пояса даек вне видимой связи с гранитоидами. Все это послужило поводом выделить автономные комплексы (формации) малых интрузий. Благодаря авторитету Ю. А. Билибина, его гипотеза широко распространилась, но под влиянием фактических данных вскоре была оставлена. Проблема даек и малых интрузий решена в монографии [22], и нет смысла ее обсуждать. Дайки и малые интрузии не имеют самостоятельного значения и должны включаться в основные магматические формации [21–24].

Противоречия в генезисе кислых вулканических и плутонических пород – главное петрологическое заблуждение, которое, как ни странно, не привлекает внимания. Кислые вулканические породы (риодациты) рассматриваются как поздние внутрикамерные дифференциаты исходной базальтовой магмы и в отрыве от базальтов (автономно) не встречаются [29]. Гранитоиды же однозначно считаются ультраметаморфическими выплавками вне какой-либо связи с базальтовой магмой.

Иными словами, риодациты – мантийные породы, а граниты – коровые, палингенные. Генезис первых очевиден из прямых наблюдений за вулканическими извержениями. А природа гранитоидов совсем не очевидна, только умозрительна в соответствии с экспериментами Х. Винклера и Х. Платена по плавлению песчано-глинистых смесей. Многочисленные огромные гранитоидные плутоны, составляющие по площадным подсчетам 90 % интрузивных пород, поневоле наводят на мысль о существовании самостоятельного процесса гранитообразования вне связи с базальтовой магмой. Так возникла гипотеза о первичной гранитной магме, невзирая на явные непреодолимые противоречия, подробно изложенные в [21–23]:

1. Если бы гранитная магма рождалась в результате ультраметаморфизма, то крупные плутоны должны были размещаться преимущественно в гранитогнейсовых куполах, чего в природе нет. При ультраметаморфизме выплавляются мелкие изолированные гнезда, линзы, жилы, штокверки мигматитов.

2. В силу малых объемов, низкой температуры (700–750 °С), узкого интервала кристаллизации (50°) и очень высокой вязкости (10^{10} – 10^{12} П) анатектические выплавки не могут образовать крупнообъемных тел и внедриться на гипабиссальный уровень. По расчетам В. Н. Шарапова, даже в оптимальных условиях кислый расплав может переместиться на первые сотни метров и уже при небольшом падении давления и температуры схватывается и затвердевает [25]. Следовательно, мигматитовые выплавки не могут быть источником гранитоидных плутонов.

3. Общепринятая идея Е. К. Устиева о комагматичности вулканического и плутонического магматизма несовместима с палингенным гранитообразованием, поскольку в этом случае у них разная природа: мантийная у одного и коровая у другого. Комагматичность сомнений не вызывает, и интрузивные комплексы часто выделяют на основании видимой или предполагаемой связи с вулканическими свитами. Очень убедительна в этом отношении вулканоплутоническая ассоциация г. Сарыюба (интрузив под вулканом) севернее месторождения Коунрад. (рис. 9). Здесь две равновеликие вулканические постройки сложены кольцевыми и дуговыми телами основных (внизу) и кислых (вверху) пород и в центре инъецированы гранитоидами. Вулкани-

ческие отложения разделены перерывами на четыре свиты, которым приписаны возрасты P_2 , P_1 , C_3 – P , C_{2-3} . Исходя из комагматичности гранитоиды также разделили на три комплекса: кызылрайский (P – T), кокдомбакский (P_2) и топарский (P_1). При этом были допущены следующие ошибки.

3.1. Вулканический процесс, конечно, многоактный и перерывы разделяют его стадии, но не автономные вулканические комплексы, как сочли авторы карты.

3.2. Гранитоиды внедряются, вписываются в вулканические постройки после самых молодых отложений, т. е. они комагматичны вулканическому процессу в целом, а отдельные вулканические пачки интрузивных аналогов иметь не могут, поскольку интрузивный комагмат формируется на регрессивной стадии вулканоплутонического процесса после полного завершения прогрессивной вулканической стадии [21–24].

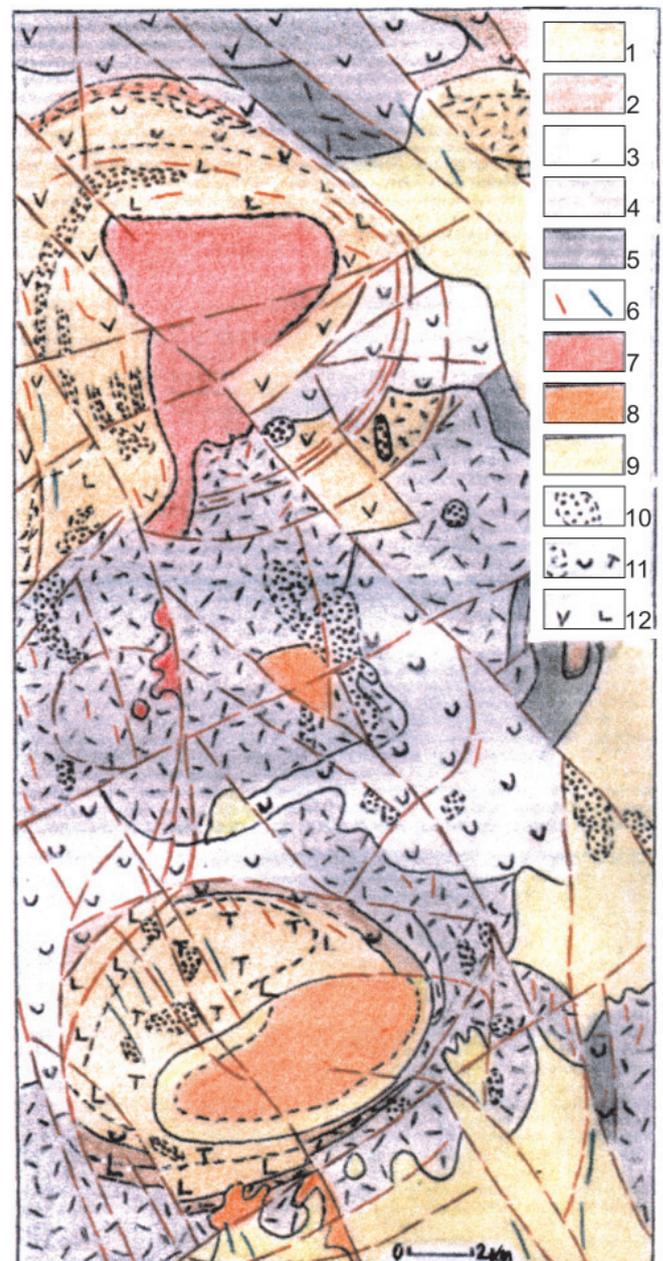


Рис. 9. Вулканоплутоническая ассоциация г. Сарыюба («интрузив под вулканом») (P_2 – T_1)

1–5 – вулканические отложения: 1 – P_2 , 2 – P_1 , 3 – C_3 – P_1 , 4 – C_{2-3} , 5 – C_1 ; 6–9 – породы Прибайкальского плутона: 6 – дайки кислого и основного состава, 7 – граносиениты P – T (кызылрайский комплекс, по легенде), 8 – граниты, аляскиты C_2 (кокдомбакский комплекс), 9 – гранодиориты, диориты C_1 (топарский комплекс); 10 – вторичные кварциты; 11 – риолиты, дациты, трахиты в составе вулканогенных отложений; 12 – андезиты, базальты в составе вулканогенных отложений



3.3. Обе вулканические постройки (и хуже выраженные мелкие в промежутке) идентичны по составу и в генетическом плане являются надвнутризивными выступами огромного Прибалхашского плутона, как наглядная иллюстрация модели Ю. П. Масуренкова «вулкан над интрузивом» [11]. Разделение их на три самостоятельных комплекса абсурдно и со всей очевидностью свидетельствует о вреде комплексотворчества. Непонимание этой простой истины ведет к искажению природных явлений, к ложным представлениям в геологической истории. В частности, разве могут быть комагматами гранитоиды и вулканы г. Сарыоба, если первые считать коровыми (по легенде), а вторые – мантийными? А если их комагматичность не вызывает сомнений, то и природа их должна быть одной – мантийной.

4. Состав мигматитовых выплавок отвечает котектике и не может объяснить широкого разнообразия пород (до габброидов) в гранитоидных плутонах. Попытки привлечь к этому объяснению ассимиляцию несостоятельны из-за дефицита энергетических возможностей у котектического расплава.

5. Выплавки из относительно сухого безрудного гнейсового субстрата не обладают рудообразующей способностью. Они везде рассматриваются как бесперспективные и не могут быть источником рудоносных гранитоидных плутонов.

6. С позиций анатектического гранитообразования невозможно объяснить происхождение даек средне-основного состава, лампрофиров, сложных даек. Корифеи петрологии не сумели решить проблему даек второго этапа именно потому, что придерживались гипотезы автономного корового гранитообразования. И только ревизия этой идеи в пользу мантийного происхождения гранитоидов (а точнее, в пользу внутрикамерной дифференциации исходной базальтовой магмы) позволила решить эту проблему [23].

7. Серьезный урон палингенезу нанесли изотопные исследования, по которым получают все больше данных против коровой природы гранитоидов и связанного с ними оруденения [1].

Перечисленные возражения против коровой природы гранитоидов хорошо известны петрологам, но отказаться от нее не хватает духу, прежде всего потому, что по площадным подсчетам соотношение граниты : габбро составляет 90 : 10. Но никто не усомнился в их достоверности, хотя априори ясно, что горизонтальный срез плутонов (по поверхности Земли) не может характеризовать объемные соотношения в нем пород, поскольку большая нижняя часть плутонов основного состава в подсчеты не попадает.

Немаловажная причина заблуждений в области генезиса гранитоидов в том, что мы не знаем внутреннего строения плутонов. По первым геофизическим работам регионального профиля стало ясно, что они не бездонны. Гранитоидные плуто-

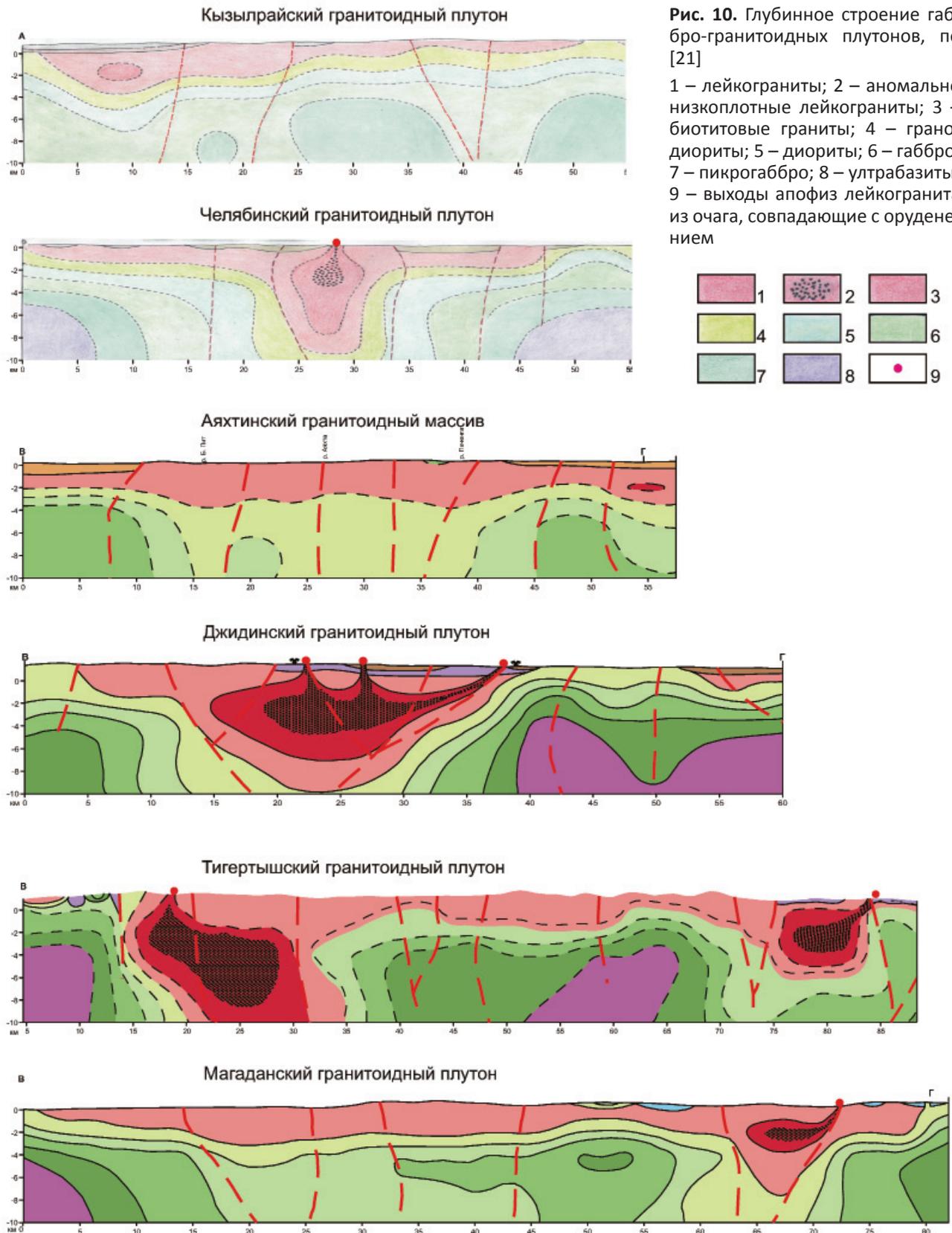
ны – это пластовые межформационные лополиты сравнительно небольшой мощности и огромной горизонтальной протяженности. Кислые породы слагают их верхнюю часть и подстилаются основными [5, 12]. Но это соображение только общего порядка.

Ситуация изменилась, когда в СНИИГГИМС была разработана программа GEOLAB для пересчета наблюдаемого гравимагнитного поля в вертикальное пространство [18]. Глубинное моделирование по 43 плутонам из разных регионов показало, что все они устроены одинаково: это межформационные горизонтально расслоенные тела с нарастающей книзу основностью. Объемные соотношения гранитоидов (верхний слой) и габброидов (нижний) в точности соответствуют соотношению риодациты : базальты (10–15) : (90–85). Тем самым устраняется миф о резком преобладании гранитов над габбро и, напротив, допускается не только возможность, но и неизбежность их образования за счет дифференциации первичной базальтовой магмы.

Внутреннее строение плутонов всегда конформное со строгой гомодромной центробежной последовательностью пород и фазово-фациальными отношениями между ними. Нижняя граница гранитоидов всегда ровно волнистая, без подводящих каналов. Значит, граниты не внедрялись, а образовывались на месте как низкотемпературные продукты внутрикамерной дифференциации основной магмы (рис. 10), равно как риодациты – в периферическом вулканическом очаге. Иначе говоря, строго научно разрешается противоречие в генезисе кислых вулканических и плутонических пород, снимаются несоответствия в проблеме комагматичности вулканоплутонических ассоциаций. Более того, становится очевидным, научно обоснованным процесс естественного возникновения внутри гранитного тела остаточного лейкогранитового очага – источника рудообразования; становится понятной давно известная связь оруденения именно с малыми телами самых поздних кислых гранитов.

В свете изложенных генетических данных вывод о базальтоидной природе гранитоидов не может более дискутироваться. Пришла пора отказаться от первичной палингенной гранитной магмы, которая внедряется по желанию исследователей куда угодно (комплекс в комплекс, фаза в фазу), когда угодно и сколько угодно раз. Как следствие, необходимо изменить парадигму региональной петрологии, провести ревизию серийных легенд и карт, пересмотреть поисковые критерии и т. д.

В первую очередь следует отметить: поскольку нет первичной гранитной магмы, не может быть и отдельных гранитных и гранитоидных комплексов и формаций. Все комплексы габбро-гранитные с некоторыми вариациями основности/щелочности ранних членов и кислотности/щелочности поздних. В соответствии с региональным и межрегиональным масштабом магмоконтролирующей тектоники магматические комплексы



и тем более формации не могут быть мелкими, но только в виде протяженных по структуре поясов. Даже крупные плутоны не могут быть полигенными, полиформационными, а позиция «комплекс в комплексе» абсолютно невозможна. В случае наложения тектономагматической активизации на древние структуры молодые комплексы должны

иметь иную, собственную, явно секущую позицию также регионального развития.

Самостоятельных комплексов малых интрузий и даек быть не может, как нет и соизмеримых с ними тектонических структур. Они должны входить в состав региональных подразделений. Мелкие тела экзотического состава также не могут быть



автономными. Они представляют собой узколокальные фазы или фации ликвационного происхождения в составе ординарных габбро-гранитных комплексов и могут играть роль поискового критерия на редкометалльное и редкоземельное оруденение.

Отдельно следует оговорить вопрос о гипербазитовой магне. Судя по насыщенному крупными телами гипербазитов Тагильскому поясу, который протягивается по Уралу с севера на юг на тысячи километров, первичная ультраосновная магма может образоваться при полном плавлении субстрата мантии. Необходимые для этого РТ-условия в недрах Земли возникают, видимо, редко и в специфических сверхглубоких разломах. В подавляющем большинстве случаев мелкие изометричные и неправильной формы тела ультраосновного состава, ассоциирующие с габбро-гранитными плутонами, представляют собой самые ранние продукты кристаллизации базальтовой магмы и должны включаться в габбро-гранитные комплексы и формации как ранние их фазы и фации [20].

Строить новую генетическую классификацию магматических формаций необходимо сверху, руководствуясь петрологическими закономерностями магмогенерации и дифференциации, используя конкретные классические примеры, а отнюдь не снизу, от массы мелких, часто невалидных комплексов. Чисто формационных типов априори должно резко сократиться, поскольку исходных магм немного (базальтовая с вариациями по щелочности и основности, андезитовая и гипербазитовая) и трендов их эволюции также мало. Создавать новую классификацию магматических формаций можно только коллективно с обсуждением аргументации для каждого типа, критически отмечая многочисленные частные конкретные ассоциации, претендующие на автономность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барсуков В. Л., Рябчиков И. Д. Об источниках рудного вещества // *Геохимия*. – 1980. – № 10. – С. 1439–1449.
2. Добрецов Н. Л., Попов Н. В. О длительности формирования гранитоидных плутонов // *Геология и геофизика*. – 1974. – № 1. – С. 50–60.
3. Ермолов П. В., Изох Э. П., Тянь В. Д. Габбро-гранитные серии западной части Зайсанской складчатой системы. – Новосибирск: Наука, 1977. – 245 с.
4. Жуланова И. Л., Русакова Т. Б., Котляр И. Н. Геохронология и геохронометрия эндогенных событий в мезозойской истории Северо-Востока Азии. – М.: Наука, 2007. – 358 с.
5. Зоненшайн Л. П. Возраст и форма гранитоидных интрузий бассейна среднего течения р. Агул (Восточный Саян) // *Материалы по региональной геологии*. – М.: Госгеолтехиздат, 1956. – С. 96–97.
6. Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. – М.: Недра, 1964. – 385 с.
7. Кузнецов Ю. А. О главных формах гранитоидного магматизма и механизме образования гранитовых тел // *Геология и геофизика*. – 1966. – № 6. – С. 3–15.
8. Магаданский батолит: строение, состав и условия образования / Н. В. Андреева, А. П. Пономарева, Н. Н. Крук и др. – Магадан: СВ КНИЦ ДВО РАН, 1999. – 264 с.
9. Магматизм Северного Казахстана / А. Н. Нурлыбаев, В. И. Старов, Л. В. Булыго и др. – Алма-Ата: Наука, 1988. – 168 с.
10. Магматические формации СССР. Т. I / В. Л. Масайтис, В. Н. Москалева, Н. А. Румянцева и др. – Л.: Недра, 1979. – 318 с.
11. Масуренков Ю. П. Вулкан над интрузиями. – М.: Наука, 1979. – 219 с.
12. Моисеенко Ф. С. О морфологии гранитных массивов Новосибирского Приобья по геофизическим данным // *Геология и геофизика*. – 1966. – № 5. – С. 130–137.
13. Обновленные схемы межрегиональной и региональной корреляции магматических и метаморфических комплексов Алтае-Саянской области и Енисейского кряжа / отв. ред. В. Л. Хомичев. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2007. – 280 с.
14. О достоверности радиологического датирования (протокол рабочего совещания) // *Отечественная геология*. – 2007. – № 2. – С. 101–103.
15. Осипова Т. А. Петрология Джабыкского ареала орогенного гранитоидного магматизма: автореф. дис. ... к. г.-м. н. – Екатеринбург, 1992. – 25 с.
16. Петрографический кодекс. Магматические и метаморфические образования / под ред. Н. П. Михайлова. – СПб.: ВСЕГЕИ, 1995. – 128 с.
17. Попов В. С. Геология и генезис медно- и молибден-порфировых месторождений. – М.: Наука, 1977. – 203 с.
18. Садур О. Г. Моделирование геологических сред на основе вычисления их плотностных и магнитных характеристик в классе сложного распределения масс при решении различных геологических задач // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*. – 2012. – № 1(9). – С. 96–101.
19. Схемы межрегиональной корреляции магматических и метаморфических комплексов Алтае-Саянской области и Енисейского кряжа / отв. ред. В. Л. Хомичев. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2002. – 178 с.
20. Хомичев В. Л. Гипербазиты – пикробазиты и хромитовое оруденение // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*. – 2019. – № 3. – С. 94–105.
21. Хомичев В. Л. Петрологическая основа гранитоидных рудно-магматических систем. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2016. – 286 с.
22. Хомичев В. Л. Петрологические противоречия и парадоксы // *Петрография магматических и метаморфических горных пород: матер. XII Всерос. петрогр. совещ.* – Петрозаводск, 2015. – С. 570–572.
23. Хомичев В. Л. Плутоны – дайки – оруденение. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2010. – 264 с.



24. Хомичев В. Л. Проблема валидности магматических комплексов. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2002. – 80 с.

25. Шарапов В. Н. К динамике интродирования магм // Замещение и вторжение при магматизме и рудообразовании. – Новосибирск: Наука, 1976. – С. 103–122.

26. Шарапов В. Н., Сотников В. И. О возможной длительности рудообразования при формировании плутоногенных гидротермальных месторождений // Геология и геофизика. – 1975. – № 1. – С. 20–25.

27. Шахов Ф. Н. Магма и руды // Геология и геофизика. – 1966. – № 10. – С. 3–9.

28. Шевченко Е. В. Структурные и петрографические особенности пермских плутонов Центрального Казахстана. – Львов: Изд-во ун-та, 1951. – 263 с.

29. Эрлих Э. Н. Мелекесцев И. В. Четвертичный кислый вулканизм западной части Тихоокеанского кольца // Кислый вулканизм. – Новосибирск: Наука, 1973. – С. 4–39.

REFERENCES

1. Barsukov V.L., Ryabchikov I.D. [On sources of ore matter]. *Geokhimiya*, 1980, no. 1, pp. 1439–1449. (In Russ.).
2. Dobretsov N.L., Popov N.V. [On the duration of the formation of granitoid plutons]. *Geologiya i geofizika*, 1974, no.1, pp. 1439–1449. (In Russ.).
3. Ermolov P.V., Izokh E.P., Tyan V.D. *Gabbro-granitnyye serii zapadnoy chasti Zaisanskoy skladchatoy sistemy* [Gabbro-granite intrusive series of Western Zaisan Fold System]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1977. 245 p. (In Russ.).
4. Zhulanova I.L., Rusakova T.B., Kotlyar I.Kh. *Geokhronologiya i geokhronometriya endogennykh sobytii v mezozoiskoy istorii Severo-Vostoka Azii* [Geochronology and geochronometry of endogenous events in the Mesozoic History of Northeast Asia]. Moscow, Nauka Publ, 2007. 358 p. (In Russ.).
5. Zonenshtain L.P. [Age and shape of granitoid intrusions in the basin of the Agul River midstream (East Sayan)]. *Materialy po regionalnoy geologii* [Materials on Regional Geology]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1956, pp. 96–97. (In Russ.).
6. Kuznetsov Yu.A. *Glavnyye tipy magmaticheskikh formatsiy* [Main types of magmatic formations]. Moscow, Nedra Publ., 1964. 385 p. (In Russ.).
7. Kuznetsov Yu. A. [About the main forms of granitoid magmatism and mechanism of formation of granite bodies]. *Geologiya i geofizika*, 1966, no. 6, pp. 3–15. (In Russ.).
8. Andreeva N.V., Ponomareva A.P., Kruk N.N., et al. *Magadanskiy batolit: stroeniye, sostav i usloviya obrazovaniya* [Magadan batholiths: structure, composition and conditions of formation]. Magadan, NE ISRC FEB RAS Publ., 1999. 264 p. (In Russ.).
9. Nurlybaev A.N., Starov V.I., Bulygo L.V., et al. *Magmatizm Severnogo Kazakhstana* [Magmatism of Northern Kazakhstan]. Alma-Ata, Nauka Publ., 1988. 168 p. (In Russ.).
10. Masaytis V.L., Moskaleva V.N., Rumyantseva N.A., et al. *Magmaticheskkiye formatsii SSSR. T. 1.* [Magmatic formations of USSR. Vol. 1]. Leningrad, Nedra Publ., 1979. 318 p. (In Russ.).
11. Masurenkov Yu.P. *Vulkan nad intruziyami* [Volcano over intrusions]. Moscow, Nauka Publ., 1979. 219 p. (In Russ.).
12. Moiseenko F. S. [On the morphology of granite massifs of Novosibirsk Priobye according to geophysical data]. *Geologiya i geofizika*, 1966, no. 5, pp. 130–137. (In Russ.).
13. Khomichev V.L., ed. *Obnovlennyye skhemy mezhregionalnoy i regionalnoy korrelyatsii magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov Altae-Sayanskoy oblasti i Yeniseiskogo kryazha* [Updated schemes of interregional and regional correlation of magmatic and metamorphic complexes in the Altai-Sayan fold-belt and Yenisey Range]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2007, 280 p. (In Russ.).
14. Khomichev V.L. [On the reliability of radiological dating (minutes of the workshop)]. *Otechestvennaya geologiya – National Geology*, 2007, no. 2, pp.101–103. (In Russ.).
15. Osipova T.A. *Petrologiya Dzhabykского areala orogennogo granitoidnogo magmatizma. Avtoref. kand. dis.* [Petrology of the Dzhabyk areal of orogenic granitoid magmatism. Author's abstract of PhD thesis]. Yekaterinburg, 1992. 25 p. (In Russ.).
16. Mikhaylov N.P., ed. *Petrograficheskiy kodeks. Magmaticheskkiye i metamorficheskkiye obrazovaniya* [Petrographic Code. Magmatic and metamorphic formations]. Saint-Petersburg, VSEGEI Publ., 1995. 128 p. (In Russ.).
17. Popov V.S. *Geologiya i genesis medno- i molibden-porfirovykh mestorozhdeniy* [Geology and genesis of copper- and molybdenum-porphyrific deposits]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 203 p. (In Russ.).
18. Sadour O.G. [Modelling of geological environments based on calculation of their density and magnetization in class of complex mass distribution for various geological problems]. *Geologiya i mineralno-syryevyye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2012, no. 1 (9), pp. 96–101. (In Russ.).
19. Khomichev V.L., ed. *Skhemy mezhregionalnoy korrelyatsii magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov Altai-Sayanskoy oblasti i Yeniseyskogo kryazha* [Schemes of interregional correlation of magmatic and metamorphic complexes of the Altai-Sayan region and the Yenisey Ridge]. Novosibirsk, SNIIGGiMS, 2002. 178 p. (In Russ.).
20. Khomichev V.L. [Hyperbasites–picrobasites and chromite mineralization]. *Geologiya i mineralno-syryevyye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2019, no. 3, pp. 94–105. (In Russ.).
21. Khomichev V.L. *Petrologicheskaya osnova granitoidnykh rudno-magmaticheskikh system* [Petrological foundation for granitoid ore-magmatic sys-



tem]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2016. 286 p. (In Russ.).

22. Khomichev V.L. [Petrological contradictions and paradoxes]. *Petrografiya magmaticheskikh i metamorficheskikh gornyx porod: materialy XII Vseros. petrogr. soveshch.* [Petrography of magmatic and metamorphic rocks: Materials of 12th All-Russian Petrographic Conference]. Petrozavodsk, 2015, pp. 570–572. (In Russ.).

23. Khomichev V.L. *Plutony – dayki – orudneniye* [Plutons – dikes – mineralization]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2010. 264 p. (In Russ.).

24. Khomichev V.L. *Problema validnosti magmaticheskikh kompleksov* [Validity problems of magmatic complexes]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2010. 80 p. (In Russ.).

25. Sharapov V.N. [On the dynamics of magma intrusion]. *Zameshcheniye i vtorzheniye pri magma-*

tizme i rudoobrazovanii [Substitution and invasion in magmatism and ore formation]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1976, pp. 103–122. (In Russ.).

26. Sharapov V.N., Sotnikov V.I. [On the possible duration of ore genesis during the formation of plutogenic hydrothermal deposits]. *Geologiya i geofizika*, 1975, no. 1, pp. 20–25. (In Russ.).

27. Shakhov F. M. [Magmas and ores]. *Geologiya i geofizika*, 1966, no. 10, pp. 3–9. (In Russ.).

28. Shevchenko E.V. *Strukturnyye i petrograficheskiye osobennosti permskikh plutonov Tsentralnogo Kazakhstana* [Structural and petrographic features of Permian plutons of the Central Kazakhstan]. Lvov, University Publ., 1951. 263 p. (In Russ.).

29. Erlikh E.N., Melekestsev I.V. [Quaternary acid volcanism of the western part of the Pacific Ring]. *Kisluy vulkanizm* [Acid volcanism]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1973, pp. 4–39. (In Russ.).

© В. Л. Хомичев, Н. Е. Егорова, 2021