

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ИНТРУЗИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ П-ОВА ГАМОВА (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ПРИМОРЬЕ)

Т.А. Харченко, М.Г. Валитов

ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. Ильичева ДВО РАН, ул. Балтийская 43, г. Владивосток, 690041; e-mail: harchenko_an@mail.ru, valitov@poi.dvo.ru

Поступила в редакцию 18 апреля 2017 г.

Приведены результаты петрофизического исследования гранитоидов п-ова Гамова и сравнение их физических характеристик с аналогичными параметрами гранитоидных комплексов, распространенных на прилегающей к полуострову территории. В работе рассматриваются физические свойства позднепермских и раннеюрских гранитоидных комплексов. Разновозрастные гранитоиды резко контрастны по физическим свойствам. Позднепермские гранитоиды, распространенные на п-ове Гамова, имеют повышенные плотностные и пониженные магнитные характеристики относительно таких же пород, распространенных на прилегающей континентальной территории. Установлено совпадение петрофизических свойств гранитоидов раннеюрского возраста с одной из фаз гранитоидов позднепермского комплекса. Сделано предположение об одновременном образовании этих комплексов.

Ключевые слова: петрофизика, плотность, магнитная восприимчивость, гранитоиды, п-ов Гамова, Приморский край.

ВВЕДЕНИЕ

Исследуемый район находится на юге Приморского края, в пределах Лаоелин-Гродековской складчатой системы, на юге Пограничной структурно-формационной зоны [5, 8]. Район характеризуется развитием терригенных ниже-верхнепермских континентальных формаций и обширными полями проявления палеозойского, мезозойского и кайнозойского магматизма. Многочисленные разрывные нарушения разбивают рассматриваемую площадь на блоки, часто вытянутые в меридиональном направлении. Основным «генератором» разрывных нарушений является зона Западно-Приморского разлома, протягивающаяся от Ханкайского массива и уходящая на юге под воды залива Петра Великого. С запада с этой зоной сочленяется Зарубинский разлом, являющийся, на наш взгляд, продолжением системы разломов, контролирующих Цзилинь-Лаоелинскую складчатую систему, а с востока – Уссурийский разлом, являющийся западной границей грабена Амурского залива. Эти разноранговые разломы являются контролирующими (долгоживущими), в том числе и для развитых здесь гранитных массивов, а также являются проводниками для внедрения многочисленных кайнозойских даек риолитов, риодацитов, дацитов, базальтов и андезитов [9, 10]. Геологическое строение рассматри-

ваемой территории изучено достаточно хорошо [2, 5, 15]. Однако геохронологическая позиция отдельных интрузивных комплексов до сих пор вызывает дискуссии. В основном это связано с малым количеством абсолютных возрастных определений, сделанных для данной площади. Традиционно возраст интрузий определяется исходя из возраста прорываемых ими осадочных пород и пород, их перекрывающих.

В данной работе рассматриваются гранитоидные массивы (позднепермского и раннеюрского возраста), расположенные на п-ове Гамова и прилегающей к нему с севера части континента (рис. 1).

Б.И. Васильев в результате выполнения первых систематических исследований этого района одним из первых обозначил возраст этих массивов [4]. На опубликованной им карте показан позднепермский возраст гранитных и гранодиоритовых массивов, имеющих по две фазы внедрения, без четких границ между фазами. В юго-восточной части п-ова Гамова, на месте развития юрского гвоздевского комплекса, обозначены выходы нерасчлененных палеозойских кварцевых диоритов.

По мере накопления систематических геологических знаний многие исследователи начали отмечать структурную либо петрохимическую неоднородность



Рис. 1. Обзорная карта. Сплошной рамкой обозначен анализируемый район, пунктирной – п-ов Гамова.

гранитоидов массива п-ова Гамова и прилегающей к нему континентальной части. Так, И.И. Берсенев [3] разделил тогда еще полностью позднепалеозойский гранитоидный комплекс на три фазы: первую – включающую гранитоидные массивы п-ова Гамова и близлежащей бухты Алеут, вторую – включающую гранитоидные массивы (крупный Хасанский батолит), распространенные в юго-западной части территории, а к третьей фазе он отнес интрузивные образования, слагающие периферийные участки Хасанского батолита, представленные биотитовыми, биотит-роговообманковыми гранитами. По приведенному им петрографическому описанию, гранитоиды третьей фазы аналогичны гранитам, выделенным на п-ве Гамова и отнесенным ныне к юрским гранитоидам.

Позднее М.Д. Рязанцева с соавторами [10], изучая позднепермские гранитоиды в Лаоелин-Гродековском террейне (Лаоелин-Гродековской складчатой системе – по Назаренко Л.Ф. [8]), относит их к типу субдукционных гранитов, однако высказывает предположение, что гранитоиды крупного массива п-ва Гамова формировались при позднепермско-триасовой коллизии. Типоморфным признаком коллизионных гранитов является их принадлежность к ильменитовой серии, такие граниты характеризуются весьма низкими значениями магнитной восприимчивости. Характерно, что в аномальном магнитном поле гранитоидные комплексы п-ва Гамова не выделяются, они характеризуются спокойным слабоотрицательным магнитным полем [5].

Данная работа выполнена с целью определения возможности использования петрофизических характеристик для дифференциации разновозрастных интрузивных комплексов, развитых на п-ове Гамова и его ближайшем континентальном окружении. В качестве тестовых параметров выбраны плотность и магнитная восприимчивость указанных геологических объектов.

В период с 2011 по 2014 г. на п-ове Гамова (рис. 2, врезка) авторами отбирались образцы магматических пород позднепермского гамовского тоналит-гранитного (P_2g) и раннеюрского гвоздевского гранит-лейкогранитного (J_1g) комплексов.

Помимо отобранной коллекции образцов (232 шт.), в данной работе использовались образцы, любезно предоставленные геологом К.Ю. Крамчаниным (81 шт.), физические свойства которых были измерены авторами. Таким образом, на полуострове Гамова авторами собрана достаточно представительная коллекция образцов. Далее эти образцы будут условно называться «образцы берегового блока». Для сравнения физических величин образцов, отобранных нами, и петрофизических характеристик пород этих же комплексов, распространенных севернее (рис. 2), приводятся данные из справочника [11, 13], называемые нами «образцы континентального блока». Авторы применяют такое название условно, чтобы формально разграничить свои данные от данных, взятых из справочника.

За геологическую основу нами принята Государственная геологическая карта масштаба 1:200 000, лист К-52-ХП, XVIII [5], полученная в результате проведения геолого-съемочных и поисковых работ по геологическому доизучению территории масштаба 1:200 000, далее – ГДП-200.

ГЕОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАНИТОИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Породы гамовского тоналит-гранитного комплекса (P_2g) слагают крупный батолит, прослеживаемый также на сопредельных территориях КНР и КНДР. Из-за значительной тектонической раздробленности весь массив разбит на фрагменты. Характерной

особенностью структурного положения интрузивов тоналит-гранитного комплекса является их преимущественная локализация среди ниже-верхнепермских терригенных отложений решетниковской свиты с образованием мощных ореолов интенсивного контактового метаморфизма.

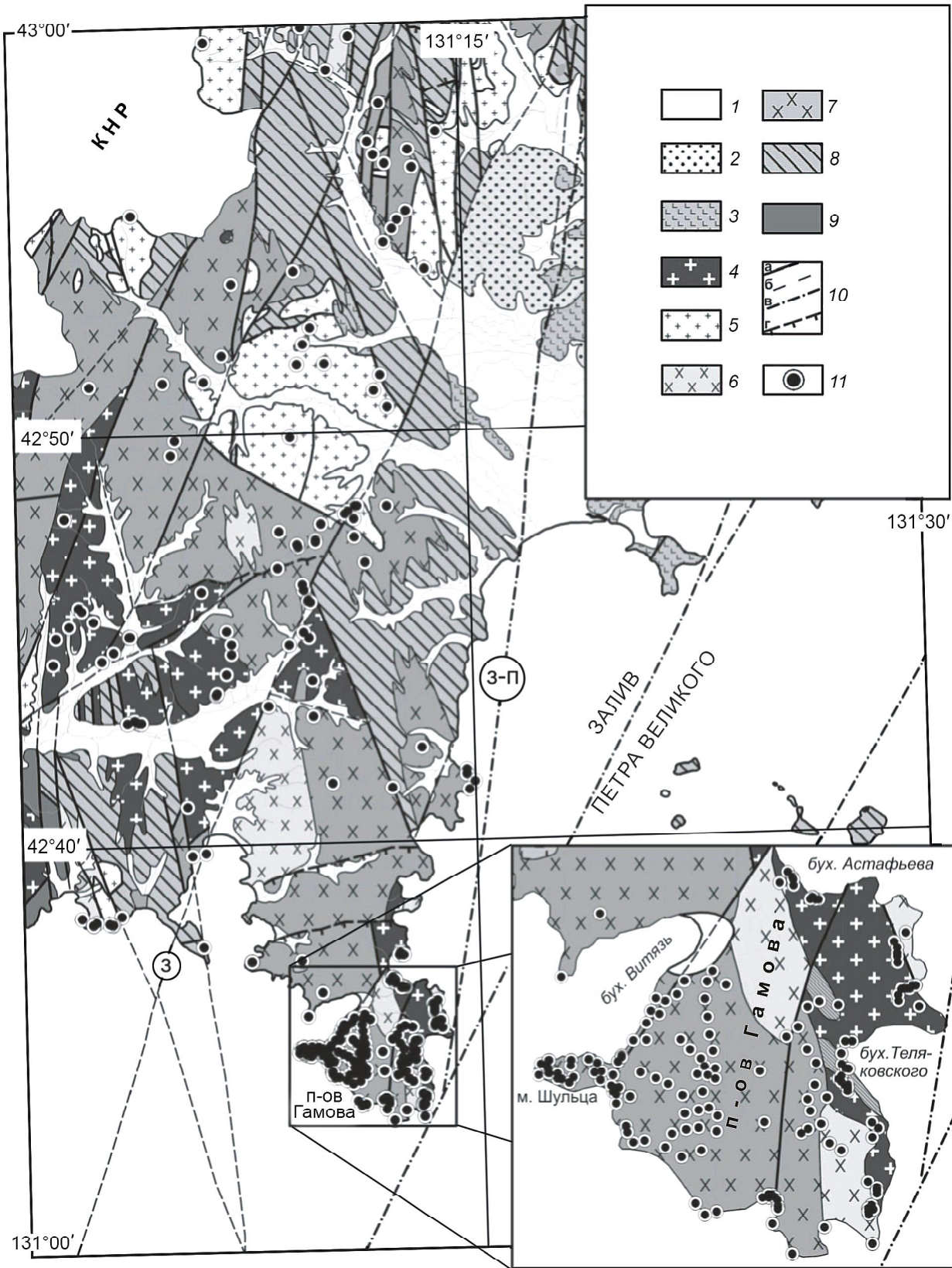
В строении тоналит-гранитного комплекса участвуют породы двух интрузивных фаз, сопровождаемые дайковыми и жильными телами. Кварцевые диориты, тоналиты и гранодиориты первой фазы ($q\delta_1 P_2g$ и $\gamma\delta_1 P_2g$) образуют единый ряд пород, связанных между собой постепенными переходами. По внешнему облику – это однородные, среднезернистые, реже крупнозернистые породы, характерной серой или светло-серой окраски, почти постоянно обладающие гнейсовидной текстурой, от едва заметной до типично гнейсовой, обусловленной плоско-параллельным расположением темноцветных минералов. Особенностью минерального состава являются очень низкие содержания калиевого полевого шпата (обычно не более 5–6 %) и повышенная меланократовость пород при высоком содержании кварца. Темноцветные минералы в обеих разновидностях представлены роговой обманкой и биотитом, количеством от 10 до 20–25 %, при этом в кварцевых диоритах преобладает роговая обманка, а в тоналитах, гранодиоритах – биотит. Из калиевых минералов превалирует плагиоклаз, отвечающий по составу основному андезину в центральной части, и олигоклазу – по периферии. Акцессорные минералы представлены цирконом, апатитом, сфеном, ортитом, шеелитом и магнетитом [7].

Одной из отличительных особенностей пермских гранитоидов ($\gamma\delta_1 P_2g$) является конформность их внутренней структуры со структурами вмещающих пород. С простираем основных складчатых структур в большинстве случаев совпадают контакты интрузивных тел и границ между фациями, породы также характеризуются ясно выраженной гнейсовидностью, обусловленной плоскопараллельными текстурами, сохранившимися в кровле массивов. Отмеченные черты строения, несомненно, указывают на одновременность проявления складчатости и интрузий тона-

Рис. 2. Геологическая карта-схема анализируемого участка.

Фрагмент государственной геологической карты м-ба 1:200 000 [5] с некоторыми обобщениями авторов.

1 – четвертичные отложения (Q_1-Q_{III}); 2 – кайнозойские осадочные отложения; 3 – кайнозойские эффузивные образования; 4 – раннеюрский гвоздевский комплекс гранит-лейкогранитовый ($\gamma-l\gamma J_1g$); 5–7 – позднепермский гамовский тоналит-гранитовый комплекс: 5 – вторая фаза: граниты биотитовые, лейкограниты, дайки, жилы аплитов, пегматоидных гранитов, диорит-порфиритов ($\gamma_2 P_2g$); 6–7 – первая фаза: 6 – гранодиориты ($\gamma\delta_1 P_2g$); 7 – кварцевые диориты и тоналиты ($q\delta_1 P_2g$); 8 – ниже-верхнепермские терригенные отложения решетниковской свиты (P_{1-2rs}); 9 – суловский комплекс перидотит-габбровый ($uvR_{2s}?$); 10 – тектонические нарушения: а – достоверные, б – предполагаемые, в – выделенные по геофизическим данным, г – надвиги; (буквами обозначены: 3-П – Западно-Приморский, 3 – Зарубинский разломы); 11 – точки отбора образцов.



литовой магмы, позволяя рассматривать сформированные массивы как синтетектонические образования [5, 7].

В отличие от них массивы гранитов второй фазы ($\gamma_2 P_2 g$) (массив в северной части анализируемого района (рис. 2)), вероятно, сформировались в более спокойной тектонической обстановке, так как не несут столь явных следов конформного строения. Рогово-обманково-биотитовые и биотитовые граниты второй фазы обычно имеют желтовато-розовую окраску, среднезернистую структуру и значительно реже, по сравнению с гранодиоритами, обладают гнейсовидной текстурой. Они состоят из кварца (35–45 %), калиевого полевого шпата (25–30 %), плагиоклаза (25–30 %) и темноцветного минерала, преимущественно биотита (3–8 %). Второй характерной особенностью этих пород является широкое распространение в них гранофировых микроструктур от небольших участков до сплошных микропегматитовых срастаний по всей массе породы. Состоят гранофировые граниты из кварца (30–40 %), калиевого полевого шпата (25–35 %) с густой сеткой микропертита, вплоть до образования полос и каемок замещения, и плагиоклаза (30–45 %), представленного альбитом. Биотит либо вообще отсутствует, либо содержится в количестве не более 1–3 %. Из аксессуарных минералов в шлифах наблюдаются магнетит, сфен и циркон, а в протоколках также апатит, ортит и монацит [5, 7].

Позднепермский возраст гамовского комплекса установлен на основании прорывания массивами этого комплекса ниже-верхнепермских отложений решетниковской свиты и залегания на них верхнетриасовой (?) тальминской толщи на площади листов К-52-ХІ, К-52-ХVІІ. Определение абсолютного возраста различными методами из гранодиоритов п-ова Гамова показали 251, 252, 260 млн лет [5] и 254 ± 4 млн лет [7], что также подтверждает их позднепермский возраст.

В западной части рассматриваемого района и в северо-восточной части п-ова Гамова выделяются раннеюрские интрузивные породы *гвоздевского гранит-лейкогранитного комплекса* ($J_1 g$). Вмещающими породами для гвоздевских гранитов, помимо кварцевых диоритов и гранодиоритов гамовского комплекса, являются ниже-верхнепермские отложения решетниковской свиты, с которыми они имеют активные интрузивные контакты. На контактах в терригенных породах отмечаются роговики, аналогичные вышеописанным для позднепермских интрузий.

В составе комплекса выделяют две фазы. Первая фаза представлена биотитовыми гранитами, как правило, желтоватой или розоватой окраски, среднезернистыми, состоящими из кварца (35–40 %), калиевого

полевого шпата и плагиоклаза примерно в равных количествах и биотита (5–8 %), иногда с редкими зернами роговой обманки. Из аксессуарных минералов отмечаются циркон и апатит. Лейкограниты второй фазы отличаются от гранитов первой фазы более низкими содержаниями биотита (не более 2–3 %), который часто почти нацело замещен хлоритом или мусковитом в зонах грейзенизации.

По химическому составу раннеюрские гвоздевские граниты аналогичны позднепермским гранитам второй фазы гамовского комплекса и относятся к известково-щелочной серии [1]. Лейкограниты второй фазы незначительно обогащены калием по отношению к натрию, что приближает эти дифференциаты гранитоидной магмы к субщелочному ряду пород [7].

Основанием для выделения гвоздевского комплекса в качестве самостоятельного петрографического, подразделения раннеюрского возраста послужили определения радиоизотопного возраста гранитов. Один из них выполнен (К-Аг метод по биотиту) для гранитов на п-ове Гамова и составляет 200 млн лет, а все остальные установлены на сопредельной территории Китая, где они колеблются в интервале от 180 до 227 млн лет [6].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Отбор образцов для петрофизических исследований на п-ове Гамова производился в геологических маршрутах. Детально изучались береговые скальные обнажения, выходы коренных пород. Для определения координат точек опробования использовался GPS-приемник.

Для петрофизических исследований прежде всего отбирались образцы неизмененных горных пород, которые могли бы служить эталоном [14] того или иного комплекса магматических образований. Кроме этого, отбирались образцы из измененных разновидностей с целью определения закономерностей изменений их физических свойств в зависимости от характера преобразования первичной породы.

Петрофизические исследования. Плотность (σ , г/см³) определялась способом гидростатического взвешивания воздушно-сухих непарафинированных образцов пород на весах ВЛТЭ-2100 по стандартной методике [16]. Магнитная восприимчивость (χ , 10⁻⁶ ед. СИ) измерялась на каппаметре KLY-2 по общепринятой методике.

Контроль работы измерительной аппаратуры осуществлялся с помощью эталонов заводского изготовления.

Оценка погрешностей определения физических характеристик производилась по результатам повторных (контрольных) измерений свойств в 3–5 %

образцов изучаемой коллекции. Среднеквадратическая ошибка определения плотности составляет 0.016 г/см³. Средняя относительная погрешность определения магнитной восприимчивости в зависимости от величины намагниченности образцов изменялась в пределах 3–8 %. Приведенные данные показывают, что все изучаемые физические свойства определялись с достаточной для петрофизических исследований точностью.

Для анализа распределения физических свойств интрузивных массивов за пределами п-ова Гамова авторы использовали результаты работ ГДП-200 [5], при проведении которых были отобраны образцы для петрофизических исследований, физические свойства которых были внесены в автоматизированную (электронную) информационно-поисковую систему (АИПС) [13]. Авторы выбрали для анализа физические свойства образцов из [13], географически попадающие на территорию развития того или иного интрузивного комплекса [5], рассматриваемого в данной работе.

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Выбранная авторами для анализа физических свойств территория (рис. 2) характеризуется всеми описанными выше породами магматических комплексов.

Статистическая обработка данных проводилась отдельно для образцов, отобранных авторами на п-ове Гамова («береговой блок»), и образцов, имеющих в АИПС [13], на основе которой был издан справочник [11], («континентальный блок»). Результаты исследований представлены в виде таблицы, гистограмм (рис. 3) и диаграмм соотношения плотности и магнитной восприимчивости (рис. 4).

Напомним, что большая часть «берегового блока» сложена породами первой фазы гамовского тоналит-гранитного комплекса, от кварцевых диоритов до гранодиоритов. Кварцевые диориты ($q\delta_1P_2g$) характеризуются более высокой плотностью ($\sigma_{cp.} = 2.842$ г/см³) (табл., рис 3 а) и магнитной восприимчивостью ($\chi_{cp.} = 352.5 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ) (табл., рис. 3 б) по сравнению с гранодиоритами. Статистическое распределение плотности гранодиоритов ($\gamma\delta_1P_2g$) носит мономодальный характер ($\sigma_{cp.} = 2.719$ г/см³) (табл., рис. 3 а). Значения магнитной восприимчивости изменяются от 104.8 до $379 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ, ($\chi_{cp.} = 231.9 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ) (табл., рис. 3 б). На диаграмме соотношений плотности и магнитной восприимчивости (рис 4 б) область нахождения гранодиоритов первой фазы «вытянута» по шкале плотности, это связано с тем, что в гранодиоритах присутствуют автоксенолиты кварцевых диоритов, что повышает их плотность. Учитывая постепенные переходы от тоналитов к гранодиоритам в рассматриваемом комплексе, различное содержание

Таблица. Физические свойства интрузивных пород п-ова Гамова и прилегающего континента.

Породы	Геол. индекс	Кол-во образцов	Плотность, г/см ³		Коэф. вариации, %	Магнит. восприим. 10 ⁻⁶ ед. СИ		Коэф. вариации, %
			$\frac{\min}{\max}$	ср.		$\frac{\min}{\max}$	ср.	
Гвоздецкий гранит-лейкогранитовый комплекс								
Граниты биотитовые, гранит-порфиры, штоки, дайки лейкогранитов, аплитов [11]	$\gamma\gamma_1J_1g$	56	$\frac{2.417}{2.660}$	2.577	2.21	$\frac{2.0}{148.7}$	48.4	78.9
Граниты биотитовые, гранит-порфиры	γ_1J_1g	28	$\frac{2.549}{2.625}$	2.594	0.66	$\frac{23.0}{66.2}$	39.6	33.7
Гамовский тоналит-гранитовый комплекс								
Граниты биотитовые, лейкограниты, аплиты [11]	γ_2P_2g	25	$\frac{2.497}{2.672}$	2.583	1.91	$\frac{21.7}{165.2}$	74.0	60.9
Тоналиты, гранодиориты [11]	$\gamma\delta_1P_2g$	61	$\frac{2.545}{2.793}$	2.674	2.36	$\frac{61.5}{1131.3}$	356.8	65.1
Тоналиты, гранодиориты	$\gamma\delta_1P_2g$	254	$\frac{2.598}{2.798}$	2.719	1.26	$\frac{104.9}{379.2}$	213.9	18.6
Кварцевые диориты [11]	$q\delta_1P_2g$	21	$\frac{2.772}{2.851}$	2.801	1.26	$\frac{302.0}{1005.8}$	485.1	34.7
Кварцевые диориты	$q\delta_1P_2g$	11	$\frac{2.802}{2.872}$	2.842	0.85	$\frac{205.3}{517.5}$	352.5	25.5

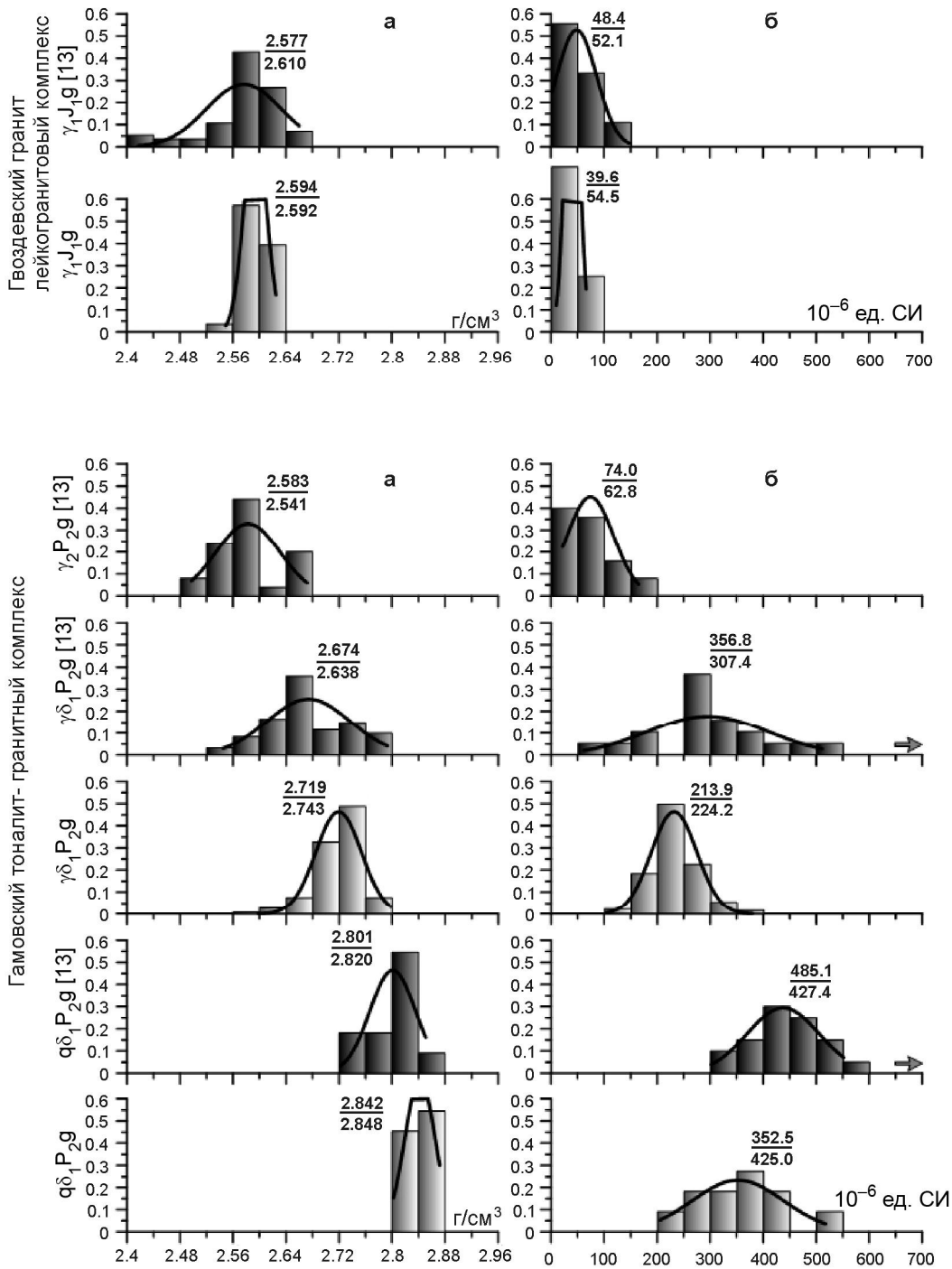


Рис. 3. Гистограммы распределения плотности (а) и магнитной восприимчивости (б) пород позднепермского гамовско-го тоналит-гранитного ($q\delta_1 P_2 g$ – кварцевые диориты; $\gamma\delta_1 P_2 g$ – тоналиты, гранодиориты первой фазы, $\gamma_2 P_2 g$ – граниты биотитовые, лейкограниты второй фазы) и раннеюрского гвоздецкого гранит-лейкогранитного ($\gamma_1 J_1 g$ – граниты биотитовые, гранит-порфиры первой фазы) комплексов. Для сравнения на диаграммах приведена теоретическая кривая нормального распределения.

Ссылка [13] указывает на данные взятые из АИПС, оригинальные данные авторов выделены более светлым тоном. Стрелка указывает на наличие единичных значений параметра вне пределов рассматриваемого диапазона. В числителе приведены средние значения, в знаменателе – мода.

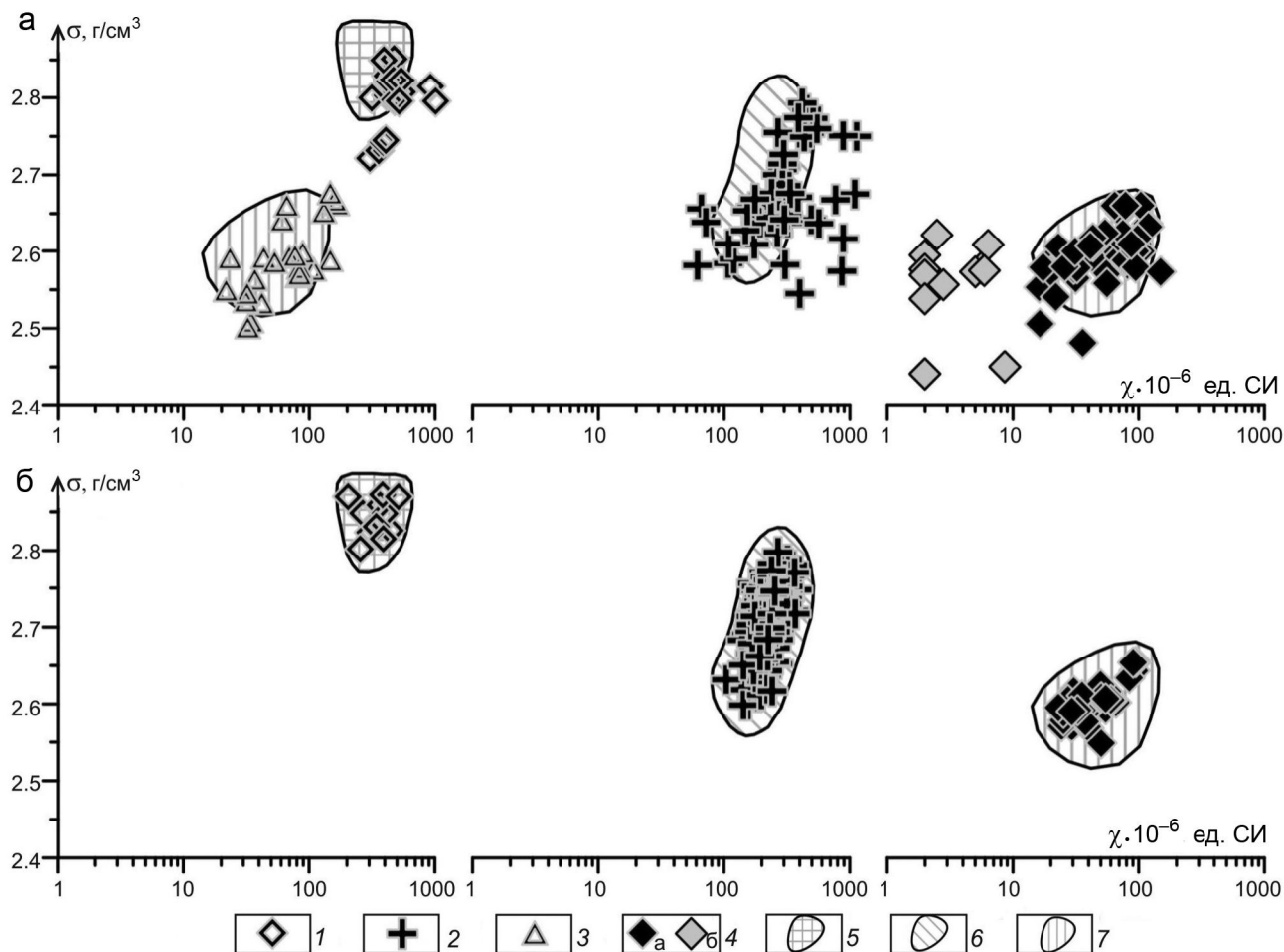


Рис. 4. Диаграммы соотношения плотности и магнитной восприимчивости магматических пород «континентальной части» (а) и «берегового» блока (б) рассматриваемой территории.

1 – кварцевые диориты ($q\delta_1 P_2 g$); 2 – тоналиты, гранодиориты ($\gamma\delta_1 P_2 g$) первой фазы гамовского тоналит-гранитного комплекса; 3 – граниты биотитовые, лейкограниты ($\gamma_2 P_2 g$) второй фазы гамовского тоналит-гранитного комплекса; 4 – граниты биотитовые, лейкограниты (а) ($\gamma_1 J_1 g$), гранит-порфиры, аплиты (б) ($\gamma_2 J_1 g$) гвоздевого гранит-лейкогранитного комплекса; 5 – контур позднепермских кварцевых диоритов «берегового блока»; 6 – контур позднепермских гранодиоритов «берегового блока»; 7 – контур раннеюрских гранитоидов «берегового блока».

кварца (до 15 % в тоналитах и до 20 % в гранодиоритах [7]) также влияет на изменение плотности. Кварцевые диориты на диаграмме соотношений располагаются в верхней части (рис. 4 б).

Породы позднепермского гамовского комплекса, распространенные на п-ове Гамова (кварцевые диориты, гранодиориты), характеризуются повышенными значениями плотности. Это связано с преобладанием плагиоклазов над калиевыми полевыми шпатами и содержанием темноцветных минералов (от 10 до 20–25 %). Эти же породы характеризуются невысокими значениями магнитной восприимчивости (от 104.8 до $517.6 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ), которая, скорее всего, обусловлена содержанием парамагнитных темноцветных минералов (биотит, роговая обманка), притом с преоблада-

нием роговой обманки в кварцевых диоритах, в результате чего происходит незначительное повышение этого параметра [17]. Также, возможно, низкие значения магнитной восприимчивости гранитоидов полуострова можно объяснить вторичным, более поздним, перемагничиванием пород [12].

Большую часть площади «континентального блока» также занимают пермские гранитоиды первой фазы гамовского комплекса [5]. Плотность кварцевых диоритов ($q\delta_1 P_2 g$ [13]) изменяется в пределах от 2.722 до 2.851 г/см³ ($\sigma_{cp.} = 2.801$ г/см³) (табл., рис. 3 а), гранодиоритов ($\gamma\delta_1 P_2 g$ [13]) – от 2.545 до 2.793 г/см³ ($\sigma_{cp.} = 2.674$ г/см³) (табл., рис. 3 а). Средние значения магнитной восприимчивости, соответственно: $\chi_{cp.} = 485.1 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ и $\chi_{cp.} = 356.80 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ (табл., рис. 3 б).

На рисунке 4 а, большая часть фигуративных точек «континентального блока» попадает в контур (правую часть) гранитоидов «берегового блока». Повышение магнитной восприимчивости (смещение фигуративных точек в правую часть диаграммы) связано, возможно, с содержанием темноцветных минералов и, вероятнее всего, с вторичными изменениями, т.к. много образцов отбиралось на границах разломных зон и породных комплексов.

Породы второй фазы гамовского комплекса распространены только в северо-западной части анализируемой территории ($\gamma_2 P_2 g$ [13]). Средняя плотность гранитов этой фазы составляет $\sigma_{cp.} = 2.583 \text{ г/см}^3$, что, по классификации Н.Б. Дортман [16], характерно для биотитовых гранитов с одинаковым содержанием плагиоклазов и калиевых полевых шпатов. Низкие значения магнитной восприимчивости ($\chi_{cp.} = 74.0 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ) обусловлены высоким содержанием кварца (35–45 %) и незначительным присутствием темноцветных минералов, преимущественно биотита (3–8 %). Большой разброс фигуративных точек на диаграмме соотношений (рис. 4 а) и несовпадение среднего значения и моды на гистограмме ($\gamma_2 P_2 g$ [13]) (рис. 3 а, б) говорят о неоднородности выборки. Скорее всего, кроме гранитов, лейкогранитов в выборке присутствуют аплиты, пегматиты и диорит-порфиры, относящиеся к этой же фазе гамовского комплекса.

Северо-восточная часть п-ова Гамова сложена гранитами первой фазы гвоздевого гранит-лейкогранитного комплекса ($\gamma_1 J_1 g$). Породы комплекса характеризуются нормальной для гранитов плотностью [15], среднее значение 2.594 г/см^3 , и очень низкими значениями магнитной восприимчивости ($\chi_{cp.} = 39.6 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ). Общеизвестно, что физические свойства отражают петрографию пород. В гранитах этого комплекса очень низкое содержание (3–5 %, а в лейкократовых разновидностях 1–3 %) темноцветных минералов, это обуславливает низкие значения магнитных свойств (от 23.0 до $66.2 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ).

В «континентальном блоке» юрские гранитоиды формируют массив [5] в северо-западной части анализируемого района. Массив разбит на блоки и характеризуется большим разбросом физических свойств ($\gamma_1 J_1 g$ [13]) (плотность 2.417 – 2.660 г/см^3 ; магнитная восприимчивость 2 – $148.7 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ). Большая часть фигуративных точек (рис. 4 а) лежит в области распространения неизмененных юрских гранитов «берегового блока». Остальные, скорее всего, характеризуют массивы, дайки гранит-порфиров, аплитов (низкие значения плотности и магнитной восприимчивости, по-видимому, представляют самые кислые фазы гра-

нитной магмы – аплиты (?) и измененные граниты (рис. 4 а)).

ОБСУЖДЕНИЕ

Степень изученности территории показана на рис. 2. Детальнее всего опробованы породы, слагающие п-ов Гамова. Приведенные в таблице коэффициенты вариации позволяют рассматривать анализируемые распределения плотностных характеристик как статистически однородные. Распределения магнитной восприимчивости характеризуются большими разбросами, минимальные значения которых приходятся на образцы пород, отобранных на п-ове Гамова. Учитывая вышесказанное, ниже мы будем рассматривать плотностные характеристики магматических комплексов, значения магнитной восприимчивости будут учитываться в меньшей мере.

На гистограммах плотности и магнитной восприимчивости гранитоиды «береговой» ($\gamma_1 J_1 g$) и «континентальной» ($\gamma_1 J_1 g$ [13]) частей раннеюрского гвоздевого комплекса показывают (табл., рис. 3 а, б) сходство петрофизических характеристик. Такое же совпадение петрофизических характеристик наблюдается между гранитами гвоздевого комплекса ($\gamma_1 J_1 g$) «берегового блока» и гранитоидами второй фазы гамовского комплекса ($\gamma_2 P_2 g$ [13]) «континентального блока» (табл., рис. 3 а, б). Характерным для обоих комплексов является тот факт, что в «континентальном блоке» распределение петрофизических параметров менее однородно, в некоторых случаях присутствуют дополнительные моды, увеличен коэффициент вариации. Но средние значения петрофизических характеристик между соответствующими «береговым» и «континентальным» блоками гранитоидов близки, что говорит о репрезентативности выборок.

Породы второй фазы гранитоидов гамовского комплекса распространены в северо-восточной части рассматриваемого района и не имеют своего аналога на п-ве Гамова. Но по физическим свойствам наблюдается соответствие распределений плотности и магнитной восприимчивости между рассматриваемыми породами и гранитами гвоздевого комплекса, причем как «берегового», так и «континентального» блоков. Породы этих комплексов характеризуются нормальной для гранитов плотностью ($\gamma_2 P_2 g$ [13] – $\sigma_{cp.} = 2.583 \text{ г/см}^3$, γ_1 - $\gamma_2 J_1 g$ [13] – $\sigma_{cp.} = 2.577$ и $\gamma_1 J_1 g$ – $\sigma_{cp.} = 2.594 \text{ г/см}^3$) и очень низкими магнитными свойствами ($\gamma_2 P_2 g$ [13] – $\chi_{cp.} = 74.0 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ, γ_1 - $\gamma_2 J_1 g$ [13] – $\chi_{cp.} = 48.4 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ и $\gamma_1 J_1 g$ – $\sigma_{cp.} = 39.6 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ). Сходство по химическому составу рассматривалось выше, в петрографическом описании.

Напомним, что выделение гвоздевого гранит-лейкогранитного комплекса произошло относительно недавно, после завершения работ по ГДП-200. Основанием для выделения гвоздевого комплекса в качестве самостоятельного петрографического подразделения раннеюрского возраста послужили определения абсолютного возраста образцов, взятых на п-ове Гамова, К-Аг методом по биотиту, составляющие 200 млн лет [6]. Однако U-Pb изотопные исследования циркона из взятых там же, бух. Теляковского, из биотитовых гранитов (выходы гранитов гвоздевого комплекса) [7], дают конкордантное значение возраста 259 ± 2 млн лет.

По результатам проведенных нами петрофизических исследований на п-ове Гамова, граниты раннеюрского гвоздевого комплекса контрастно отличаются по физическим свойствам от гранитоидов позднепермского гамовского комплекса. Также установлено совпадение петрофизических характеристик гранитного массива гвоздевого комплекса, расположенного на п-ове Гамова, с его «континентальными» массивами. В то же время на гистограммах (рис. 3 а, б) видно совпадение физических свойств раннеюрского гвоздевого ($\gamma_1 J_1 g$) и второй фазы пермского гамовского комплексов ($\gamma_2 P_2 g$) [13]. В настоящее время абсолютные определения возраста пород гамовского комплекса сосредоточены только на п-ове Гамова, а остальная площадь батолита остается без прямых возрастных определений и без стратиграфических контактов гранитоидов и перекрывающих их осадочных толщ, что делает затруднительным определение времени окончания магматических процессов. Таким образом, нельзя однозначно утверждать принадлежность рассматриваемого гранитного массива ко второй фазе гамовского комплекса. Сходство физических и петрохимических параметров $\gamma_1 - \gamma_2 J_1 g$ и $\gamma_2 P_2 g$ массивов позволяют нам предположить одинаковые время и условия их формирования, а учитывая тот факт, что все определения абсолютного возраста были сделаны на п-ове Гамова, авторы склоняются к юрскому возрасту гранитоидов второй фазы гамовского комплекса, выделяемого в северо-восточной части анализируемого района.

Геологическая история рассматриваемого района представлена разновозрастными структурами, от допалеозойского до кайнозойского времени. Образовавшись в перми, гранитоидные массивы не раз испытывали на себе влияние последующих тектоно-магматических активизаций [6, 15].

Можно предположить, что рассматриваемые нами гранитоидные массивы, развитые на п-ове Гамова, в конце мезозоя–начале кайнозоя подверглись геодинамическому влиянию и синхронному с ним насыщению коровыми расплавами и флюидными

эманациями [9], сопровождавшими процесс раскрытия Японского моря. В пользу этого говорят более высокие плотностные характеристики гранитоидов гамовского массива и его текстурные особенности (ясно выраженная гнейсовидность пород). Для проверки «аномальности» гамовских гранитоидов, вытекающей из истории геодинамического развития этой территории, необходимо целенаправленно опробовать однотипные континентальные блоки магматических пород, однако уже сейчас можно отметить различия гранитоидов «берегового блока» и однотипных пород «континентальной части».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования петрофизических свойств (плотности и магнитной восприимчивости) показали, что интрузивные комплексы, выделенные на п-ове Гамова, контрастны по своим физическим свойствам и каждый из них характеризуется вполне конкретными физическими параметрами.

Отмеченное сходство по петрохимическому составу раннеюрских гранитов гвоздевого комплекса ($\gamma_1 - \gamma_2 J_1 g$) и гранитов второй фазы позднепермского гамовского комплекса ($\gamma_2 P_2 g$) находит свое подтверждение и в физических величинах. Породы гамовского комплекса, отобранные на п-ове Гамова, отличаются повышенной плотностью и пониженными значениями магнитной восприимчивости. Это может быть связано с несколькими факторами: расположение блока на окраине континента (воздействие деструктивных тектонических процессов) и совпадение восточной границы блока с Западно-Приморским разломом, разделяющим складчатые системы (предполагается, что разломная зона является проницаемой средой для мантийных флюидов).

Проведенные петрофизические исследования могут быть использованы при структурно-плотностном моделировании, а также при интерпретации магнитных и гравитационных полей как на п-ове Гамова и прилегающей территории, так и окружающей его акватории.

Выполненные исследования позволят пополнить Базу данных АИПС [13] новой информацией о петрофизических свойствах интрузивных пород юго-западной части Приморского края

Работа выполнена при поддержке программы ДВО РАН «Дальний Восток» гранты 13-III-Д-07-032, 14-III-Д-07-027.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны д. г.-м. н. Р.Г. Кулиничу за обсуждение работы и критические замечания; С.Б. Ти-

торенко (начальнику МЭС м. Шульца) – за содействие в проведении полевых работ; К.Ю. Крамчанину – за предоставленный каменный материал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вржосек А.А., Сахно В.Г. Позднепермский гранитоидный магматизм восточной активизированной окраины Сино-Корейского щита // Проблемы магматизма и метаморфизма восточной Азии. Новосибирск, 1990. С. 126–135.
2. Геологическая карта Приморского края. 1:1 000 000 / Ред. В.А. Бажанов, Ю.Н. Олейник. Л.: Геол.-картограф. партия СВНГО, 1986.
3. Геология СССР. Т. XXXII. Приморский край. Ч. 1. Геологическое описание / Ред. И.И. Берсенев. М.: Недра, 1969. 696 с.
4. Государственная геологическая карта СССР. 1:200 000. Серия Сихотэ-Алинская. Лист К-52-ХII, К-52-ХVIII. Л.: Изд-во картфабрики Госгеолтехиздат Мин. геологии и охраны недр СССР, 1961.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:200 000. Ханкайская серия, листы К-52-ХII (Владивосток), К-52-ХVIII (Зарубино). СПб.: Изд-во СПб. картфабрики ВСЕГЕИ, 2004.
6. Коваленко С.В. Раннеюрские граниты Западного Приморья // Мезозойские магматические и метаморфические образования Дальнего Востока: Материалы V петрограф. совещ. Хабаровск: ДВИМС, 2001. С. 41–43.
7. Крук Н.Н., Голозубов В.В., Касаткин С.А. и др. Гранитоиды гамовского интрузива, его особенности, индикаторная и геодинамическая роль (Южное Приморье) // Геология и геофизика. 2015. Т. 56, № 12. С. 2134–2152.
8. Назаренко Л.Ф., Бажанов В.А. Геология Приморского края. Ч. III: Основные черты тектоники и истории развития // Препринт. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 60 с.
9. Рассказов С.В., Ясныгина Т.А., Саранина Е.В., Масловская М.Н., Фефелов Н.Н., Брандт И.С., Брандт С.Б., Коваленко С.В., Мартынов Ю.А., Попов В.К. Кайнозойский магматизм Юго-Западного Приморья: импульсное плавление мантии и коры // Тихоокеан. геология. 2004. Т. 23, № 6. С. 3–31.
10. Рязанцева М.Д., Голозубов В.В., Раткин В.В., Сокарев А.Н. Геодинамическая типизация гранитоидов Приморья // Тихоокеан. геология. 1998. Т. 17, № 5. С. 11–26.
11. Сокарев А.Н., Кулинич Р.Г., Прошкина З.Н. Петрофизика Япономорского сектора зоны перехода от континента к Тихому океану: справочник физических свойств горных пород. Владивосток: Дальнаука, 2010. 216 с.
12. Сокарев А.Н., Кулинич Р.Г. Палеомагнетизм Япономорского сектора зоны перехода от континента к Тихому океану / Справочник палеомагнитных характеристик горных пород. Владивосток: Дальнаука, 2012. 135 с.
13. Сокарев А.Н., Харченко Т.А., Валитов М.Г. Свидетельство о регистрации базы данных № 2017620378 Физические свойства горных пород Дальневосточного сектора зоны перехода от континента к Тихому океану. Дата гос. рег. в Реестре баз данных 5 апреля 2017 г.
14. Сухин М.В. Методические рекомендации по проведению петрофизических исследований при геологическом картировании // Препринт. Хабаровск, 1980. 68 с.
15. Тектоно-магматические системы аккреционной коры (Сихотэ-Алинь) / Ред. Г.Б. Левашов. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1989. 340 с.
16. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика): Справочник геофизика / Под ред. Н.Б. Дортман. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984. 455 с.
17. Чернюк М.В. О распределении значений магнитной восприимчивости интрузивных горных пород // Физика Земли. 1971. № 3. С. 105–111.

Рекомендована к печати Р.Г. Кулиничем

T.A. Kharchenko, M.G. Valitov

Petrophysical characteristics of the intrusive different aged complexes of the Gamow Peninsula (Southwestern Primorye)

The results of petrophysical investigation of granitoids of the Gamow Peninsula and a comparison of their physical characteristics with similar parameters of granitoid complexes, distributed on the territory adjacent to the peninsula are presented. The physical properties of the Late Permian and Early Jurassic granitoid complexes are considered. Different aged granitoids are sharply contrasted in petrophysical properties. Late Permian granitoids, common on the Gamow Peninsula, have an increased density and reduced magnetic characteristics relative to the same rocks that are prevalent on the adjacent continental territory. The coincidence of petrophysical properties of granitoids of Early Jurassic age with one of the phases of granitoids of the Late Permian complex is established. The assumption is made of the concurrent formation of these complexes.

Key words: petrophysics, density, magnetic susceptibility, granitoids, Gamow Peninsula, Primorye.