

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МНОГООБРАЗИЯ ОБЪЕКТОВ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ МАГМАТИЧЕСКОГО ТИПА

Среди объектов геологического наследия магматического типа выделены два класса: объекты *in situ* (геологические памятники) и объекты *ex situ* (прежде всего образцы музейных коллекций). Далее они могут подразделяться на множество подтипов по таким критериям, как состав горных пород, морфология слагаемых ими тел, текстурно-структурные особенности, фации и естественные ассоциации пород и тел, тектоническая и палеотектоническая позиция массивов и т.д. Кроме того, внимание должно уделяться сочетаниям магматического и прочих типов, а также историко-культурному и археологическому значению магматических образований.

Ключевые слова: геоконсервация; Даховский кристаллический массив; историко-культурное наследие; литодемы; магматические породы; магматические тела; объекты геологического наследия.

Геоконсервация, направленная на устойчивое пользование геологическим наследием на глобальном, национальном, региональном и локальном уровнях, является одним из приоритетных направлений природоохранной деятельности во всем мире и в России в частности [1–5]. При этом в настоящее время особое внимание обращается на проблемы, связанные с гео-разнообразием [6–8]. Последнее в самом общем виде может быть определено как количество типов объектов геологического наследия [8]. Следует, однако, учитывать, что в пределах конкретного типа могут выделяться многочисленные подтипы (причем нередко по нескольким критериям – в этой связи используется термин «многообразие»). Целью настоящей работы является краткое рассмотрение многообразия объектов геологического наследия магматического типа, который выделяется в существующих классификациях [9]. Это возможно путем концептуального анализа, т.е. исходя из современных представлений о магматических феноменах и их проявлении в пространстве и времени.

Среди объектов геологического наследия магматического типа может быть принципиально выделено два класса. К первому относятся геологические памятники (объекты *in situ*), а именно выходы на поверхность (естественные и искусственные) магматических горных пород и проявление вулканизма. В качестве второго класса выделяют объекты *ex situ*, каковыми могут быть образцы магматических образований в музейных коллекциях, используемые в капитальном строительстве и в качестве облицовочного материала, а также предметы искусства, изготовленные с использованием таких пород. Например, многочисленные образцы гранитов рапакви из экспонируемой музейной коллекции Института геологии КарНЦ РАН (г. Петрозаводск) вполне могут быть признаны объектами геологического наследия по своим уникальным петрологическим особенностям и эстетическим свойствам. Очевидно, что многообразие объектов геологического наследия обоих классов в значительной степени определяется составом представленных в них горных пород. Однако в таком случае оно находится также в сильной зависимости от используемой классификации магматических образований (см., например, [10, 11]) и детальности петрологического анализа. В качестве примера можно привести гранитоиды Даховского кристаллического массива (Северо-Западный Кавказ). В самом первом приближе-

нии они могут быть охарактеризованы как граниты и гранодиориты. Более детальное изучение позволяет выделить такие породы, как биотитовые гранодиориты, двуслюдяные граниты и т.д. [12]. Упраздненные (или устаревшие) и местные наименования магматических пород также следует принимать во внимание в качестве исторически значимых, что, несомненно, влияет на их уникальность с точки зрения геоконсервации. Более того, магматические породы могут быть разделены по некоторым общим фаціальным признакам на интрузивные, гипабиссальные (целесообразность выделения этой фации подлежит обсуждению, но, по мнению автора, она достаточно очевидна) и эффузивные.

Объекты геологического наследия магматического типа первого класса различают в зависимости от того, какие тела в них представлены. Здесь следует отметить наличие двух подходов к характеристике геологических тел. Первый предполагает выделение интрузивных (батолиты, штоки, лакколиты и т.д.), гипабиссальных (дайки) и эффузивных (покровы, потоки и др.) тел по структурно-геологическим признакам. Подобные тела могут быть классифицированы еще более подробно с выделением таких специфических единиц, как интрузивный купол, бисмалит, этмолит и т.д. [13, 14]. Второй подход основан, с одной стороны, на литодемной стратиграфии [15, 16], а с другой – на существующей номенклатуре расслоенных интрузий [15, 17–19].

Здесь уместно подчеркнуть, что указанные тела, независимо от того, на основе какого подхода они выделяются, могут сложно сочетаться между собой. Более того, они могут быть по-разному представлены в геологических памятниках. Так, например, расслоенный Йоко-Довыренский массив (Северное Прибайкалье), соответствуя крупной интрузии в целом, выделяется в качестве самостоятельного объекта геологического наследия [20, 21]. Напротив, гигантский Ангаро-Витимский батолит (Забайкалье) площадью более 400 000 км² [22] может быть представлен лишь в серии отдельных объектов геологического наследия. Наконец, в пределах Даховского кристаллического массива выделяется несколько литодем [23].

С учетом их экспонированности в Гранитном ущелье, являющемся геологическим памятником [24, 25], можно говорить об их принадлежности к единому объекту. Это тем более справедливо, что весь массив, характеризующийся сравнительно небольшими размера-

ми и весьма удовлетворительной обнаженностью, рассматривается в качестве геологического памятника [3]. В том же контексте внимания заслуживают вулканы, которые уже рассматривались ранее в качестве самостоятельного подтипа магматического типа [26]. Морфология вулканических построек (в том числе их отдельных элементов, например кальдер [27]) и характер проявления вулканизма существенно разнятся [28, 29], что предопределяет многообразие соответствующих памятников. Их примером может служить Даймонд-Хэд (о. Оаху, Гавайские острова). Это древний центр гидромагматического извержения [30], который в настоящее время является парком американского штата Гавайи и активно используется в целях геотуризма.

Многообразие объектов геологического наследия магматического типа определяется также геохимическими, минералогическими и текстурно-структурными особенностями магматических пород, проявлением отдельности, различной морфологией и тектонической (и палеотектонической) позицией тел, спецификой протекания магматических процессов, а также всевозможными (закономерными и случайными) ассоциациями магматических пород и тел. В дополнение к сказанному обратим внимание на современные исследования морфологии даек [31, 32] и строения и эволюции магматических камер [33], которые формируют предпосылки для классификации соответствующих феноменов. Это, в свою очередь, важно для понимания возможного многообразия геологических памятников рассматриваемого типа. Говоря о различиях в тектонической позиции, занимаемой магматическими комплексами, стоит отметить разделение офиолитов на срединно-океанические (MORB) и супрасубдукционные (SSZ) с дальнейшим выделением среди последних тетического и кордильерского подтипов [34]. Современная модель, получившая название «второй континент», предполагает наличие резервуара гранитного материала, располагающегося в мантии на глубинах порядка 600–700 км [35], что, соответственно, поднимает вопрос о нескольких генетических типах гранитов (и соответствующих подтипах объектов геологического наследия).

В последние годы также активно развивается представление о специфической геодинамической обстановке проявления кайнозойского магматизма в Средиземноморье и сопредельных регионах, в том числе об особой провинции анорогенного магматизма [36, 37]. Представительные выходы соответствующих пород хорошо подойдут на роль объектов геологического наследия. В некоторых геологических памятниках могут быть представлены магматические образования, сформировавшиеся не только в разных тектонических обстановках, но и в разных палеотектонических доменах. Возможным примером является Даховский кристаллический массив (выделен как геологический памятник [3, 24, 25]), где образование серпентинитов было связано с закрытием ранне-среднепалеозойских океанов, существовавших к северу от Гондваны [38], тогда как гранитоиды внедрялись во время средне-позднепалеозойской коллизии Лавруссии и причлененного к ней с юга супертеррейна [39] (хотя нельзя исключать и связь формирования обоих типов пород с

динамикой Северо-Палеотетической шовной зоны [23, 38, 39]).

В объектах геологического наследия возможны самые разнообразные сочетания типов [8]. Это предопределяет многообразие проявления каждого из них. Например, широко известные Сибирские траппы и покровные базальты Эмейшань (Сычуань, Китай) вполне могут быть признаны уникальными образованиями не только с точки зрения петрологии, но также и палеогеографии. Связано это с тем, что их излияния привели к глобальным кризисам (в том числе биотическим) в конце палеозойской эры [40–42]. Массивы гранитоидов иногда представлены в виде специфических форм рельефа (речь идет о так называемых «инзельбергах»), а для скальных выходов этих пород характерна своеобразная морфология [43], в том числе псевдоэпикарстовые явления [44]. Это предопределяет сочетание магматического и геоморфологического типов в геологических памятниках, что, в частности, характерно для Даховского кристаллического массива. Закономерна также совместная встречаемость магматического и геотермального типов, так как гейзеры (по определению уникальный геологический феномен) всегда приурочены к вулканически активным областям. Магматические образования нередко оказываются на пересечении геологического наследия, с одной стороны, и историко-культурного и археологического – с другой.

В качестве примеров приведем архитектурные сооружения (мельница, амбар, полевые стены) в Озерном крае (северо-запад Англии), построенные из эскдейльского гранита [45]. Они представляют как историко-архитектурный, так и геологический (и геотехнологический) интерес. Отполированные блоки перидотита из Хороманского комплекса экспонируются перед администрацией японского г. Самани (о. Хоккайдо) [46], опять-таки будучи объектом одновременно культурного и геологического наследия. Наконец, орудия, использовавшиеся предками современного человека, часто изготавливались из обсидиана, а добыча и транспортировка этой породы способствовала коммуникации между группами, населявшими, в частности, регион Великих Африканских озер [47]. В этой связи такие обсидиановые артефакты сочетают в себе элементы и археологического, и геологического наследия. Вполне очевидно, что возможность подобных сочетаний различного наследия способствует большему многообразию их отдельных типов.

Из вышесказанного следует, что объекты геологического наследия магматического типа могут быть подразделены на подтипы по целому ряду критериев. Такое многообразие предопределяет значительную индивидуальность каждого конкретного объекта. Тем не менее для него всегда могут быть обозначены наиболее характерные черты, определяющие его значимость как составляющей геологического наследия. Например, для Даховского кристаллического массива принципиальным будет судить о петрологическом спектре представленных в его пределах магматических пород, а также его геоморфологическом проявлении; в случае с образцом гранита-рапакиви из музейной коллекции обращают на себя внимание его текстурно-структурные особенности и т.д. Таким образом, пони-

мание сути многообразия объектов геологического наследия магматического типа важно для правильной расстановки акцентов при определении их уникальности. Последнее является обязательным требованием при проведении геоконсервационных исследований [48].

Говоря об уникальности, следует обратить внимание на двоякость ее определения [49]. С одной стороны, уникальными являются объекты, наиболее характерные для данного типа и подтипа. Например, Йокодоырэнский массив типоморфен для дунитроктолит-габбровой формации [21]. Это означает, что он уникален как своего рода эталон для подтипа объектов геологического наследия, устанавливаемого по конкретной закономерной ассоциации магматических пород. С другой стороны, уникальность может означать наличие некоторых специфических черт, нехарактерных для данного подтипа. В качестве примера можно привести пироксенит-пегматиты Косьвинского Камня (Урал) [50]. Часто понятие «пегматит» связывается с гранитоидами, а потому проявление пегматитового строения в ультрабазитовом комплексе следует считать той особенностью, которая придает ему особую уникальность. Еще одним примером являются коматииты о. Горгона (Колумбия) – единственное известное проявление фанерозойских коматиитов [51]; данные породы специфичны для докембрия [52] (хотя в последнее время это представление стало корректироваться [53]). В данном случае судить об уникальности объекта можно во временном аспекте, однако это также возможно лишь при выделении коматиитового подтипа

геологических памятников магматического типа в соответствии с общей классификацией магматических пород.

Предпринятый концептуальный анализ выявляет существенное многообразие объектов геологического наследия магматического типа, что, в свою очередь, дополняет представления о георазнообразии. В практическом отношении это важно для понимания того, что геоконсервационные и геотуристические мероприятия в пределах территории, где доминируют магматические образования, могут быть диверсифицированы для повышения их эффективности. В случае с геотуризмом многообразие объектов геологического наследия магматического типа позволяет также расширить содержательную составляющую реализуемых программ, сделать их более насыщенными и привлекательными.

Автор выражает признательность К. Арите (Япония), Х.Р. Видал-Романи (Испания), К.А. Дениэлс (Великобритания), Е.В. Кислову (РФ), Дж.У. Коулу (Новая Зеландия), А.В. Лапо (РФ), М. Люстрино (Италия), В. Риграфу (Германия) и У. Уимблду (Великобритания) за помощь с литературой и/или ценные указания, администрации ЮФУ и ГТФ ЮФУ (РФ) за поддержку программы повышения квалификации в Университете Гавайев в Маноа (США), К.П. Конраду (США) и Э.Х. Ярен (США) за организацию экскурсии в парк «Даймонд-Хэд», а также нынешним и бывшим коллегам и студентам из ЮФУ (РФ) за дискуссии и различного рода помощь (в т.ч. в ходе полевого изучения Даховского кристаллического массива).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Lano A.B.* Проблема сохранения и рационального использования геологического наследия // Региональная геология и металлогения. 2005. № 3. С. 51–59.
2. *Lano A.B., Вдовец М.С.* Проблема сохранения геологического наследия России // Отечественная геология. 1996. № 9. С. 6–12.
3. *Рубан Д.А.* Геоконсервация как метод сохранения геологического наследия России // Отечественная геология. 2006. № 2. С. 78–81.
4. *Prosser C., Bridgland D.R., Brown E.J., Larwood J.G.* Geoconservation for science and society: challenges and opportunities // Proceedings of the Geologists' Association. 2011. Vol. 122. P. 337–342.
5. *Wimbledon W.A.P.* GEOSITES – an International Union of Geological Sciences initiative to conserve our geological heritage // Polish Geological Institute Special Papers. 1999. № 2. P. 5–8.
6. *Рубан Д.А.* Уникальные центры георазнообразия – основа для создания национальных геопарков // Отечественная геология. 2010. № 4. С. 77–80.
7. *Gray M.* Geodiversity: developing the paradigm // Proceedings of the Geologists' Association. 2008. Vol. 119. P. 287–298.
8. *Ruban D.A.* Quantification of geodiversity and its loss // Proceedings of the Geologists' Association. 2010. Vol. 121. P. 326–333.
9. *Рубан Д.А.* Геологические памятники: краткий обзор классификационных признаков // Известия вузов. Геология и разведка. 2005. № 4. С. 67–69.
10. *Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования.* СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 200 с.
11. *Philpots A.R., Ague J.J.* Principles of igneous and metamorphic petrology. Cambridge : Cambridge University Press, 2009. 667 p.
12. *Понов Ю.В.* Положение магматических комплексов Даховской горст-антиклинали в эволюции машматизма зоны Передового хребта Большого Кавказа // Актуальные проблемы региональной геологии, литологии и минералогии. Ростов н/Д : ЦВВР, 2005. С. 131–141.
13. *Белюсов В.В.* Структурная геология. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1986. 248 с.
14. *Тихомиров В.Г., Журавлев Б.Я., Федоров Т.О.* Структурная геология магматических массивов. М. : Изд-во МГУ, 1992. 216 с.
15. *Cardevila R.* Specific stratigraphies. Stratigraphy of the metamorphic and plutonic terrains // Stratigraphy: terminology and practice. Paris : Editions TECHNIP, 2008. P. 101–103.
16. *Hattin D.E.* Lithodemes, suites, supersuites, and complexes: intrusive, metamorphic, and genetically mixed assemblages of rocks now embraced by North American Code of Stratigraphic Nomenclature // Precambrian Research. 1991. Vol. 50. P. 355–357.
17. *Иванов О.К.* Расслоенные хромитоносные ультрамафиты Урала. М. : Наука, 1990. 243 с.
18. *Иванов О.К.* Систематика расслоенных (дифференцированных) интрузий // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и их минералогия. Улан-Удэ : Экос, 2012. С. 69–72.
19. *Уэйджер Л., Браун Г.* Расслоенные изверженные породы. М. : Мир, 1970. 502 с.
20. *Кислов Е.В.* Йокодоырэнский расслоенный массив. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 1998. 265 с.
21. *Кислов Е.В.* Памятники природы Северо-Байкальского региона. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2001. 104 с.
22. *Литвиновский Б.А., Занвилевич А.Н., Алакиин А.М., Подладчиков Ю.Ю.* Ангаро-Витимский батолит – крупнейший гранитоидный плутон. Новосибирск : Изд-во ОИГГМ СО РАН, 1992. 141 с.
23. *Рубан Д.А.* Стратиграфия палеозойских магматических образований северной части Горной Адыгеи (Западный Кавказ) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского : сб. науч. ст. Пермь : Перм. ун-т, 2009. Вып. 12. С. 156–162.

24. Геологические памятники природы России. СПб. : Лориен, 1998. 200 с.
25. Рубан Д.А., Пугачев В.И. Хаджохский каньон и Гранитное ущелье (Адыгья, Россия) как геологические памятники природы // География и природные ресурсы. 2008. № 1. С. 62–66.
26. Холодков Ю.И., Рубан Д.А. Вулканы как объекты геоконсервации // IV Международная научная конференция «Вулканизм, биосфера и экологические проблемы» : сб. материалов. Туапсе, 2006. С. 120–121.
27. Cole J.W., Milner D.M., Spinks K.D. Calderas and caldera structures: a review // *Earth-Science Reviews*. 2005. Vol. 69. P. 1–26.
28. Анродов В.А. Вулканы. М. : Мысль, 1982. 367 с.
29. Рэдулеску Д.П. Вулканы сегодня и в геологическом прошлом. М. : Недра, 1979. 256 с.
30. Macdonald G.A., Abbott A.T., Peterson F.L. Volcanoes in the Sea: the Geology of Hawaii. Honolulu : University of Hawaii Press, 1983. 517 p.
31. Canon-Tapia E. How deep can be a dyke? // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2008. Vol. 171. P. 215–228.
32. Daniels K.A., Kavanagh J.L., Menand T., Stephen S.R. The shapes of dikes: Evidence for the influence of cooling and inelastic deformation // *Geological Society of America Bulletin*. 2012. Vol. 124. P. 1102–1112.
33. Gudmundsson A. Magma chambers: Formation, local stresses, excess pressures, and compartments // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2012. Vol. 237–238. P. 19–41.
34. Beccaluwa L., Coltorti M., Giunta G., Siena F. Tethyan vs. Cordilleran ophiolites: a reappraisal of distinctive tectono-magmatic features of supra-subduction complexes in relation to the subduction mode // *Tectonophysics*. 2004. Vol. 393 P. 163–174.
35. Kawai K., Yamamoto S., Tsuchiya T., Maruyama S. The second continent: Existence of granitic continental materials around the bottom of the mantle transition zone // *Geoscience Frontiers*. 2013. Vol. 4. P. 1–6.
36. Lustrino M., Wilson M. The circum-Mediterranean anorogenic Cenozoic igneous province // *Earth-Science Reviews*. 2007. Vol. 81. P. 1–65.
37. Lustrino M., Duggen S., Rosenberg C.L. The Central-Western Mediterranean: Anomalous igneous activity in an anomalous collisional tectonic setting // *Earth-Science Reviews*. 2011. Vol. 104. P. 1–40.
38. Рубан Д.А. Геодинамическая обстановка формирования палеозойских серпентинитов Даховского кристаллического массива (Северо-Западный Кавказ) // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей. Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2007. С. 67–71.
39. Рубан Д.А. Геодинамические обстановки формирования гранитоидов Даховского кристаллического массива (Северо-Западный Кавказ) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского : сб. науч. статей. Пермь : Пермский университет, 2008. Вып. 11. С. 176–181.
40. Erwin D.H. Extinction: How Life on Earth Nearly Ended 250 Million Years Ago. Princeton : Princeton University Press, 2006. 306 p.
41. Lai X., Wang W., Wignall P.B., Bond D.P.G. et al. Palaeoenvironmental change during the end-Guadalupian (Permian) mass extinction in Sichuan, China // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2008. Vol. 269. P. 78–93.
42. Retallack G.J., Metzger C.A., Greaver T. et al. Middle-Late Permian mass extinction on land // *Geological Society of America Bulletin*. 2006. Vol. 118. P. 1398–1411.
43. Twidale C.R., Vidal Romani J.R. Landforms and geology of granite terrains. Leiden : Balkema, 2005. 351 p.
44. Cucchi F. Kamenitzas // Karst rock features. Karren sculpturing. Ljubljana : ZRC Publishing, 2009. P. 139–150.
45. Smith A. Lakeland rocks: An Introductory Guide. Keswick : Rigg Side Publications, 2010. 84 p.
46. Arita K., Maeda J., Niida K. Deep-seated plutonic and metamorphic rocks of the Hidaka Mountains, Hokkaido // XXIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics. Field Trip Guidebook. The Volcanological Society of Japan, 2003. P. 265–308.
47. Reader J. Missing links: In search of human origins. Oxford : Oxford University Press, 2011. 538 p.
48. Рубан Д.А. Стандартизация описания геологических памятников природы как важных объектов национального наследия // География и природные ресурсы. 2006. № 3. С. 166–168.
49. Лано А.В. Критерии выявления объектов геологического наследия // Геология и перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана и сопредельных территорий. Уфа, 2001. Т. 1. С. 277–279.
50. Успенский Н.М. Негранитные пегматиты. М. : Недра, 1965. 336 с.
51. Kerr A.C. La Isla de Gorgona, Colombia: A petrological enigma? // *Lithos*. 2005. Vol. 84. P. 77–101.
52. Grove T.L., Parman S.W. Thermal evolution of the Earth as recorded by komatiites // *Earth and Planetary Science Letters*. 2004. Vol. 219. P. 173–187.
53. Hibbert K.E.J., Williams H.M., Kerr A.C., Puchtel I.S. Iron isotopes in ancient and modern komatiites: Evidence in support of an oxidised mantle from Archean to present // *Earth and Planetary Science Letters*. 2012. Vol. 321–322. P. 198–207.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 26 апреля 2013 г.