

УДК 551.24

## ПЕРМСКО-ТРИАСОВЫЙ МАГМАТИЗМ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ КАК ОТРАЖЕНИЕ СИБИРСКОГО СУПЕРПЛЮМА

© 2005 г. Академик Н. Л. Добрецов, А. Г. Владимиров, Н. Н. Крук

Поступило 31.08.2004 г.

Сибирские траппы – одно из ярких проявлений суперплюма с учетом масштабов излияний, охвативших Сибирскую платформу, Западно-Сибирскую плиту, Карское и Баренцево моря, и объемов мантийных магм, превышающих  $16 \cdot 10^6$  км<sup>3</sup> [1–4]. Возраст масштабных излияний траппов по данным Ar–Ar- и U–Pb-изотопного датирования [5, 6] и результатам палеомагнитного изучения [7] укладывается в интервал 251–248 млн. лет (с максимумом 250 млн. лет). Гипотеза о том, что не только траппы, но и большинство гранитоидов и бимодальных серий пермско-триасового возраста в Центральной Азии, генетически связана с тем же суперплюмом, сформировавшим гигантские трапповые поля в Сибири и Китае (Эмейшаньские траппы), была обоснована в работах [2, 8] и поддержана в ряде других [9, 10 и др.].

В данной работе рассматривается только Алтае-Саянская складчатая область (АССО), ключевое значение которой, как сейчас становится очевидным, принципиально важно для понимания масштабов Сибирского суперплюма, его значения для металлогенических реконструкций и оценки динамики перераспределения углеводородов в осадочном бассейне, слагающем современную Западно-Сибирскую плиту. По геолого-геофизическим данным [11], каледонские и герцинские структурно-вещественные комплексы АССО прослеживаются под осадочным чехлом юго-восточной части Западно-Сибирской платформы и занимают не менее 30–40% от общей площади ее фундамента наряду с докембрийскими структурно-вещественными комплексами Сибирской платформы, каледонскими и герцинскими комплексами Казахстана и Урала.

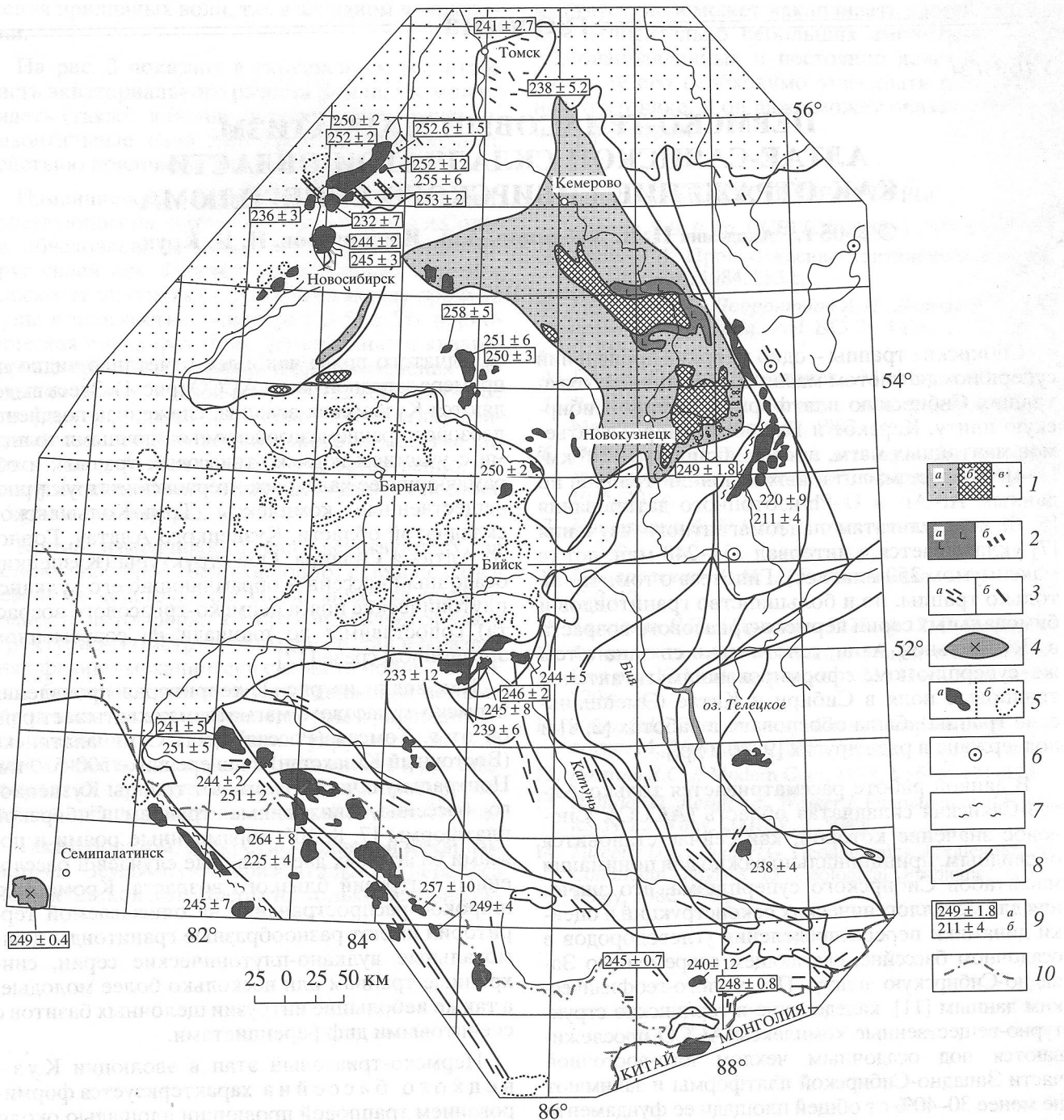
Соотношение масштабов мантийного и корового магматизма для Центрально-Азиатского

складчатого пояса наиболее отчетливо видно на примере западной части АССО (рис. 1). Здесь выделяются Кузбасская впадина, сложенная позднепалеозойско-раннемезозойскими осадочными толщами с участием пермско-триасовых траппов, и обрамляющие ее каледонско-герцинские структурно-вещественные комплексы Томь-Колыванской складчатой области, Кузнецкого Алатау, Горного Алтая и Салаира. Обе структуры (Кузнецкий осадочный бассейн и обрамляющие его вулканоплутонические пояса пермско-триасового возраста) сопоставимы по площади на современном эрозионном срезе [12].

Как видно из рис. 1, территория проявления пермско-триасового магматизма охватывает район от г. Томска (Россия) до г. Семипалатинска (Восточный Казахстан) в поперечнике 500–550 км. Центральную часть занимают траппы Кузнецкого бассейна, синхронные траппам Сибирской платформы [7, 8, 10], обрамленные роями и поясами базитовых даек, а в ряде случаев и расслоенных интрузий близкого возраста. Кроме них, широкое распространение на описываемой территории имеют разнообразные гранитоиды и бимодальные вулканоплутонические серии, синхронные траппам или несколько более молодые, а также небольшие интрузии щелочных базитов с сиенитовыми дифференциатами.

Пермско-триасовый этап в эволюции Кузнецкого бассейна характеризуется формированием трапповой провинции площадью около 2,5 тыс. км<sup>2</sup>. Объем траппов при учете их мощности (200–300 м, абинский комплекс [12]), а также уровня эрозионного среза составляет не менее 650 км<sup>3</sup>. Среди платобазальтов Кузбасса известны покровы и силлы, сложенные толеитовыми и субщелочными базальтами, в том числе достаточно дифференцированными (до 51,5% SiO<sub>2</sub>). Породы в большинстве своем относительно обогащены РЗЭ, по петрохимическому и редкоэлементному составу близки к инициальным субщелочным базальтам Норильского района Сибирской платформы. Значения параметра  $\epsilon_{Nd}^t$  колеблются от +2,5 до +3,5. Возраст траппов Кузбасса по палео-

Объединенный институт геологии,  
геофизики и минералогии  
Сибирского отделения Российской Академии наук,  
Новосибирск



**Рис. 1.** Расположение пермско-триасовых траптовых полей, щелочно-базитовых дайковых поясов и гранитоидных батолитов в структуре западной части АССО. 1 – впадины и прогибы: позднепалеозойские (а), мезозойские (б) и кайнозойские (в); 2 – траппы Кузнецкого бассейна: покровы (а) и силлы (б); 3 – дайковые пояса (а) и расслоенные интрузивы (б) щелочных базитов и лампрофиров; 4 – вулканоплутонические структуры, сложенные бимодальными сериями повышенной щелочности; 5 – гранитоидные массивы: обнаженные (а) и реконструированные под четвертичными отложениями по геофизическим данным (б); 6 – мелкие проявления щелочных базитов с сениитами; 7 – метаморфические комплексы; 8 – главные разломы; 9 – изотопно-геохронологические датировки, выполненные Ar–Ar (а) и U–Pb (б) методами; 10 – государственные границы.

магнитным данным соответствует двум магнитохронам на границе перми и триаса, т.е. 249–250 млн. лет [7]. Этот возраст подтверждается единичными Ar–Ar-изотопными датировками,

полученными для силлов  $249 \pm 1.8$  млн. лет (Г.С. Федосеев, устное сообщение).

В Горном и Рудном Алтае пермско-триасовый базитовый магматизм представлен

дайковыми роями и поясами северо-западного простираения, объединяемыми в теректинский комплекс [12]. Покровные фации неизвестны. Многочисленные гранитные интрузии, более молодые по отношению к образованиям теректинского комплекса, в Горном Алтае имеют возраст 238–246 млн. лет [10], поэтому базитовые дайки, вероятнее всего, одновозрастны с траппами Кузбасса. В Рудном Алтае, вблизи Иртышской зоны смятия, есть более древние интрузии (до 257–260 млн. лет). Судя по наблюдаемым геологическим взаимоотношениям, здесь возможно наличие нескольких генераций даек. Породы дайковых поясов представлены преимущественно долеритами нормальной или слабо повышенной щелочности с преобладанием Na над K.; значительно реже встречаются дайки калиевых субщелочных и, в единичных случаях, щелочных пород.

Наряду с дайковыми поясами базитовые расплавы и их производные участвуют в строении ранних фаз пермско-триасовых габбро-гранитных серий. Так, например, в Айской (Горный Алтай) и Семейтауской (Восточный Казахстан) глубоко эродированных вулcano-плутонических структурах известны субщелочные габброиды, монцониты и сиениты, характеризующиеся повышенной титанистостью, аномально высокими содержаниями Sr (до 8000 г/т) и Ba (до 3000 г/т). Возраст этих структур укладывается в узкий интервал 248–246 млн. лет, U–Pb- и Ar–Ar-методы [13, 14]. Шлиры субщелочных габброидов встречены также в телах монцогранитов Саввушинского массива (Рудный Алтай).

На юге Горного Алтая и в Северо-Западной Монголии в пермско-триасовое время были сформированы три крупных (протяженностью в несколько десятков километров) дайковых пояса северо-западного простираения, сложенных щелочными базальтами и лампрофитами (спессартитами, минеттами, реже вогезитами). Наряду с дайками известны мелкие гипабиссальные массивы, сложенные преимущественно меланосиенитами. Общей особенностью пород является повышенная щелочность при резком преобладании калия над натрием (до 4 мас. %  $K_2O$  в базальтах, до 7% в меланосиенитах) и высокое содержание фосфора ( $P_2O_5$  до 2.5%). Породы характеризуются высокими содержаниями редких щелочей (базальты до 400 г/т Rb, лампрофиты и меланосиениты до 700 г/т). Характерной особенностью базитовых магм являются низкие (–3 и ниже) значения параметра  $\epsilon_{Nd,t}$ . Возраст лампрофитов, определенный Ar–Ar-изотопным методом, по слюдам составляет в Южно-Чуйском дайко-

вом поясе  $248 \pm 0.8$  млн. лет, в Северо-Чуйском –  $245 \pm 0.7$  млн. лет (А.Э. Изох, устное сообщение).

Пермско-триасовый базитовый магматизм Калба-Нарымской зоны представлен прерывистым дайковым поясом северо-западного простираения. Дайковые образования объединены в миролюбовский комплекс, в составе которого наряду с базальтами, долеритами и микрогаббро широко развиты более кремнекислые разновидности пород (диоритовые порфириты, гранодиорит- и гранит-порфиры), причем в ряде сегментов пояса кислые породы резко преобладают над основными. Описываемые дайки секут породы всех известных в этой зоне гранитоидных комплексов (ранне- и позднекалбинского, монастырского). Формирование дайкового пояса произошло непосредственно вслед за формированием гранитоидов монастырского комплекса, возраст которых определен в 225–235 млн. лет [10].

В Томь-Колыванской складчатой зоне и на Салаире выделены дайки и силлы габбро-долеритов с возрастом 245–249 млн. лет (Ar–Ar-изотопный метод по биотиту и амфиболу) и близодовозрастные гранитоидные массивы приобского комплекса, сложенные диоритами, гранодиоритами и граносиенитами (246–249 млн. лет, Ar–Ar- и Rb–Sr-методы [15]). Среди силлов отмечены расслоенные тела с Cu–Ni-руденением. Дайки и силлы являются прямыми комагматами траппов, точнее южным окончанием ареала траппов Западно-Сибирской плиты [3, 5]. В дайках  $I_{Sr} = 0.706$ , в гранитоидах приобского комплекса  $I_{Sr} = 0.7045$  [15]. Для магматитов характерен умеренно щелочной состав, относительное обеднение литофильными элементами (Cs до 1.7 г/т, сумма R3Э до 150 г/т). Пониженные первичные отношения изотопов стронция ( $I_{Sr} < 0.706$ ) характерны для всех пермско-триасовых гранитоидов в непосредственном складчатом обрамлении Кузбасской впадины [13].

Приведенные выше фактические данные с учетом результатов крупномасштабного картирования [12] позволяют дать граничные оценки объемов корового и мантийного плюмового магматизма. Эти оценки выглядят следующим образом:

1) для Кузнецкой наложенной впадины минимальный объем траппового магматизма с возрастом 249–250 млн. лет составляет  $650 \text{ км}^3$ ;

2) для складчатого обрамления Кузнецкой впадины, включая структуры Томь-Колыванской зоны, Салаира, Рудного и Горного Алтая, а также Кузнецкого Алатау, объем базитового магматизма близкого возраста составляет не менее  $5000 \text{ км}^3$ , если предположить, что дайковые пояса прослеживаются до уровня средней коры (10–15 км);



Рис. 2. Гистограмма радиологических возрастов ( $T$ ) позднепалеозойских, раннемезозойских магматических и метаморфических образований западной части АССО. 1 – базиты, 2 – метаморфические породы, 3 – гранитоиды.  $N$  – число определений.

3) в то же время предельный объем гранитоидных батолитов с учетом их эрозионного среза и геофизических данных о положении подошвы не превышает  $130000 \text{ км}^3$ .

Приведенные оценки позволяют наметить для всех складчатых поясов, обрамляющих траппы Сибирского плюма, наиболее вероятные соотношения между объемами базитового и гранитоидного магматизма без учета локальных проявлений траппов (1 : 25). Полученная оценка достаточно уверенно согласуется с гистограммами возрастов базитов, метаморфитов и гранитоидов, если принять во внимание, что для релаксации и масштабного плавления нижней коры после появления под ней на границе Мохо крупных базитовых очагов необходимо 10–15 млн. лет (рис. 2).

Основной вывод. Приведенные данные свидетельствуют о том, что разнообразие плюмового магматизма как по форме геологических проявлений, так и по вещественному составу в действительности значительно шире, чем предполагалось ранее [2, 3, 8]. Наряду с классическими трапповыми излияниями большую роль здесь играют базиты, слагающие рои и пояса даек, а также входящие в состав бимодальных вулканоплутонических и габбро-гранитных интрузивных серий. В складчатых поясах объемы подобных базитов не только сопоставимы, но и, возможно, существенно превышают объемы траппов. Если траппы, скорее всего, являются исключением для складчатых поясов, поскольку для их формирования требуются особые условия в виде заложения форландовых бассейнов и (или) бассейнов типа pull-apart, то базиты дайковых поясов и бимодальных серий имеют сквозной характер и значительно более длительный по сравнению с трапповыми

провинциями период формирования. Это, с одной стороны, обеспечивает резкий подъем геотерм и, как следствие, масштабное гранитообразование, а с другой, с учетом многоэтапности проявления базитов – дает возможность при их тщательном изучении оценить эволюцию плюмового источника под складчатыми областями.

Работа выполнена в рамках Интеграционной программы ОНЗ Президиума РАН № 6.7, Интеграционного проекта Президиума СО РАН № 105, а также РФФИ (проекты 03–05–65099, 04–05–64443).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альмухамедов А.И., Медведев А.Я., Митчелл К. и др. // Геология и геофизика. 1996. Т. 37. № 10. С. 3–16.
2. Добрецов Н.Л. // ДАН. 1997. Т. 354. № 4. С. 497–500.
3. Добрецов Н.Л. // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 12. С. 1243–1263.
4. Иванов К.С., Коротеев В.А., Федоров Ю.Н. и др. // Литосфера. 2004. № 2. С. 108–124.
5. Reichow M.K., Saunders A.D., White R.V. et al. // Science. 2002. V. 296. P. 1846–1849.
6. Kamo S.R., Czamanske G.K., Amelin Y. et al. // Earth and Planet Sci. Lett. 2003. V. 214. Iss. 1/2. P. 75–91.
7. Казанский А.Ю., Казанский Ю.П., Сараев С.В. и др. // Геология и геофизика. 2000. Т. 41. № 3. С. 327–339.
8. Dobretsov N.L., Vernikovskiy V.A. // Intern. Geol. Rev. 2001. V. 43. P. 771–788.
9. Nikishin A.M., Ziegler P.A., Abbott D. et al. // Tectonophysics. 2002. V. 351. P. 3–39.

10. Владимиров А.Г., Козлов М.С., Шокальский С.П. и др. // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 8. С. 1157–1178.
11. Конторович В.А., Беляев С.Ю., Конторович А.Э. и др. // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 11/12. С. 1832–1845.
12. Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г. и др. Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск: Гео, 2000. 187 с.
13. Fedoseev G.S., Sotnikov V.I., Ponomarchuk V.A. Continental Growth in the Phanerozoic (Evidence from Central Asia). Novosibirsk: Geo, 2001. P. 42–44.
14. Владимиров А.Г., Пономарева А.П., Шокальский С.П. и др. // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 4. С. 715–729.
15. Lions J.J., Coe R.S., Zhao H. et al. // J. Geophys. Res. 2002. V. 107. № B7. P. 521–535.