

ОСНОВНЫЕ ИДЕИ Н.Л. ДОБРЕЦОВА, РАЗВИВАЕМЫЕ ЕГО УЧЕНИКАМИ И СОРАТНИКАМИ

В.А. Верниковский^{1,3}, Н.В. Соболев^{2,3}

¹*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

²*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

³*Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия*

Николай Леонтьевич Добрецов во все периоды своей научной деятельности всегда был и остается генератором новых идей, щедро делится ими со своими друзьями-коллегами и учениками, а также с широким кругом ученых-исследователей разных научных направлений. Обладая хорошими знаниями не только по геологии, но и по математике, физике, химии, биологии, он всегда старается внедриться в смежные области, считая, что главные открытия будут связаны с исследованиями на «стыке» наук. Вот почему он был одним из инициаторов, организаторов и руководителей междисциплинарных интеграционных программ и проектов. Н.Л. Добрецов активно вводил математическое и физическое моделирование в познание геологических процессов и строения Земли; занимался построением глобальной системы петролого-геодинамических моделей при поддержке теплофизических расчетов; искал и находил пути применения вероятно-статистических методов и комбинаторной геометрии в геологии и минералогии; ввел многопорядковую периодичность эндогенных геологических процессов, включая периодичность процессов субдукции, коллизии и плюмового магматизма, как отражение процессов в ядре Земли и сочетания эндогенной периодичности с циклами Миланковича; в течение многих лет совместно с академиком Н.П. Лаверовым руководил мультидисциплинарной программой «Глобальные изменения природной среды и климата», а затем программой «Происхождение и эволюция биосферы», в которых рассматривал возникновение и эволюцию биосферы как отражение эволюции эндогенных процессов и климата Земли, а палеоклимат как ключ к пониманию текущих и грядущих изменений климата.

В этом выпуске журнала «Геология и геофизика», посвященном 80-летию академика Н.Л. Добрецова, собраны статьи его учеников и коллег, в которых развиваются лишь некоторые основные научные идеи Николая Леонтьевича.

В 60-70-е годы двадцатого века значительное количество научных исследований и новых идей у Николая Леонтьевича было связано с проблемами метаморфизма и метаморфической петрологии. Приглашая работать в своей лаборатории, В.С. Соболев предложил молодому научному сотруднику заняться проблемой жадеита, т. е. минералом и породами его содержащими, формирование которых должно быть связано с высокими давлениями. Уже в 1962 г. была опубликована по этой проблеме первая статья [Добрецов, 1962], а в 1963 г. Н.Л. Добрецов защищает кандидатскую диссертацию на тему «Жадеитовые породы в гипербазитах Западных Саян и других регионов». Вслед за изучением минеральных индикаторов высоких давлений [Добрецов, Пономарева, 1964; и др.] он перешел к породным индикаторам высоких давлений в земной коре, совершенно по-новому показав, что собой представляют глаукофановые сланцы и эклогиты, и какое значение они имеют для понимания процессов, происходящих в земной коре и мантии Земли [Добрецов, Пономарева, 1965; Dobretsov, Sobolev, 1970; и др.]. Любовь к жадеитсодержащим породам, а также к глаукофановым сланцам и эклогитам – индикаторам высоких давлений в земной коре, которым он уделял главное внимание в начале своей научной деятельности, сохранилась у Н.Л. Добрецова на всю жизнь. Он занимался изучением этих пород в Западном и Восточном Саяне, в Казахстане и Тянь-Шане, на Урале, Камчатке, Сахалине и Алтае. Именно этим комплексам пород был посвящен целый цикл научных работ, в том числе и докторская диссертация, которую Н.Л. Добрецов защитил в 1970 г. на тему «Глаукофансланцевые и эклогит-глаукофансланцевые комплексы СССР и их генезис».

Проблемы петрологии метаморфических пород не ограничивались только индикаторами высоких давлений. Огромный вклад был внесен Н.Л. Добрецовым в разработку учения о метаморфических фациях и формациях. Совместно с В.С. Соболевым, В.В. Ревердатто, Н.В. Соболевым и В.В. Хлестовым Николай Леонтьевич с принципиально новых позиций рассматривал проблемы учения о метаморфичес-

ких фациях и формациях. В соавторстве с В.С. Соболевым и его учениками Н.Л. Добрецов опубликовал ряд статей, монографий и карт метаморфизма, среди которых был фундаментальный четырехтомный труд «Фации метаморфизма» [Добрецов и др., 1966, 1970; и др.]. Достижения сибирской школы петрологов были высоко оценены отечественной и зарубежной геологической общественностью, а авторы удостоены в 1976 г. высшей награды страны – Ленинской премии.

Продолжая и развивая исследования пород, формирование которых связано с большими глубинами, В.С. Шацкий с соавторами в этом номере журнала приводят результаты изучения ксенолитов алмазоносных эклогитов [Шацкий и др., 2016]. На основании изотопного состава кислорода минералов эклогитов, а также геохимических особенностей показано, что в качестве их протолитов выступали породы океанской коры. По мнению авторов, набор минеральных включений в исследованных алмазах (гранат, омфациит, коэсит, калиевый полевой шпат, рутил, корунд) наряду с облегченным изотопным составом углерода свидетельствуют о том, что источником алмазообразующих флюидов могли быть субдуцированные породы земной коры. Как было показано ранее, прямым свидетельством участия корового компонента в процессах образования алмазов являются алмазоносные породы земной коры, субдуцированные на глубины, отвечающие верхней мантии, и затем эксгумированные на поверхность [Соболев, Соболев, 1980; Sobolev, Shatsky, 1990; Dobretsov, Shatsky, 2004; Schertl, Sobolev, 2013].

Проблемы минералогии всегда занимали значительный объем в исследованиях Н.Л. Добрецова. Он рассматривал минералы как индикаторы условий формирования магматических и метаморфических пород, выявлял их парагенетические типы преимущественно на примере одной из наиболее важных для петрологии групп минералов—пироксенов. Им с соавторами выполнены сравнения минералогии и геохимии глубинных ксенолитов в кимберлитах и разнотипных базальтах, выделены фации глубинности в мантии, с выходом на закономерности алмазоносности [Добрецов, Пономарева, 1964; Соболев и др., 1967; Добрецов и др., 1971; Sobolev et al., 1973; и др.].

В статье Ю.В. Баталевой с соавторами раскрываются условия образования графита и алмаза из карбида железа при *PT*-параметрах литосферной мантии [Баталева и др., 2016]. Полученные результаты позволяют рассматривать когенит в качестве потенциального источника углерода в процессах кристаллизации алмаза и графита в условиях литосферной мантии, а взаимодействие карбида железа с оксидами Fe, Si и Mg, в ходе которого реализуется экстракция углерода, как один из возможных процессов глобального углеродного цикла.

Одновременно с перечисленными петрологическими и минералогическими проблемами в 70-х годах прошлого века Н.Л. Добрецова увлекла офиолитовая тематика. Он показал значение изучения офиолитов как реликтов древней океанской коры для понимания тектонических процессов в литосфере. Он активно включается в рабочую группу международной программы геологической корреляции «Офиолиты», предлагает одну из первых классификаций офиолитовых комплексов, разрабатывает петрологические модели офиолитов и доказывает петрологическую общность всего офиолитового разреза [Добрецов, 1974; Добрецов, Зоненшайн, 1985; Добрецов и др., 1985; и др.]. Для этого Н.Л. Добрецов работает в нескольких океанских экспедициях, изучает дно океанов на глубоководных аппаратах, исследует известные офиолитовые разрезы мира. Им был выявлен полный разрез офиолитов в Западном Саяне [Добрецов, Пономарева, 1976], а его ученики начали поиски офиолитовых разрезов во всех складчатых поясах Сибири, Урала, Казахстана. Вот почему проблемы офиолитов разных регионов обсуждаются во многих статьях этого журнала. Н.Л. Добрецов одним из первых в России обратил внимание на бониниты – породы, которые практически везде ассоциируют с офиолитами. Более того, он с соавторами по результатам изучения пород, драгированных в Филиппинском море, выделил высокомагнезиальную разновидность бонинитов и предложил для них специальное название – марианиты [Добрецов и др., 1980, 1986].

Теме бонинитов в офиолитовых комплексах посвящена статья Е.В. Склярова с соавторами, в которой дается обзор исследований этих пород и выделяется четыре типа проявления бонинитов в офиолитовых комплексах [Скляров и др., 2016]. Наиболее детально рассмотрен четвертый тип проявления бонинитов на примере офиолитов Юго-Восточного Саяна, где они представлены в ассоциации с островодужными толеитами и андезибазальтами. Также показано, что характер проявления бонинитов в офиолитовых комплексах предполагает несколько вариантов эволюции внутриокеанических систем, включающих выплавление и внедрение бонинитовых расплавов в преддуговых, интрадуговых и задуговых обстановках.

В работе А.И. Ханчука и С.В. Высоцкого [2016] рассматриваются разноглубинные габбро-гипербазитовые ассоциации в офиолитах Сихотэ-Алиня на Дальнем Востоке России. Авторы приходят к выводу, что палеозойские офиолиты Сихотэ-Алиня представляют собой аналоги магматических комплексов современных океанов, а различия в минералогии связаны с особыми физико-химическими условиями, существовавшими в период становления пород, и отражают плюмовую палеотектоническую обстановку. Эта особенность связана с существованием магматических камер, в которых сходные

в геохимическом отношении расплавы кристаллизовались при различных давлениях и температурах. Следует напомнить, что подобные проблемы обсуждались и раньше на примере офиолитовых габбро других регионов [Бакуменко, Добрецов, 1976, с. 1428], где были приведены прямые доказательства участия «очень высокотемпературного, несомненно мантийного расплава в образовании офиолитовых гипербазитов и габбро и проведена их аналогия с некоторыми глубинными ксенолитами».

С офиолитовой тематикой были тесно связаны исследования Н.Л. Добрецова по выявлению поровно-складчатого строения орогенных поясов, обрамляющих кратоны, прежде всего, Сибирский [Добрецов, 1985; Добрецов и др., 1985; и др.]. Эти исследования, основанные на концепции тектоники литосферных плит и геодинамическом анализе, вылились в разработку ряда геодинамических проектов и карт [Добрецов, Булгатов, 1991; Берзин и др., 1994; Беличенко и др., 1994; и др.]. Наиболее значительная работа в этом направлении была выполнена в международном проекте IGCP «Геодинамическая эволюция Палеоазиатского океана» под руководством Н.Л. Добрецова, Л.П. Зоненшайна, Р.Г. Колмана и Сяо Сючяня (1989–1993 гг.). Именно она послужила основой для развития исследований в пределах Центрально-Азиатского пояса на многие годы до настоящего времени [Dobretsov et al., 1995, 2003; и др.].

В статье В.А. Верниковского с соавторами на основе новых геологических, палеомагнитных и геохронологических данных рассматривается реконструкция формирования тектонической структуры Енисейского кряжа и западной окраины Сибирского кратона в неопротерозое [Верниковский и др., 2016]. Приводятся новые данные, раскрывающие разные тектонические стили аккретированных террейнов, U-Pb возраст позднекембрийских гранитов и палеогеографическое положение Центрально-Ангарского террейна относительно Сибирского палеоконтинента. В этой работе показано, что использование палеомагнитных данных позволяет вводить некоторые ограничения и значительно более корректно выполнять палеогеодинамические реконструкции для Сибирского кратона и его обрамления в мезо-неопротерозое.

В работе И.В. Гордиенко и Д.В. Метелкина на основе геодинамических реконструкций с использованием новых материалов по вещественному составу, возрасту и палеомагнетизму островодужных комплексов юго-западного складчатого обрамления Сибирской платформы, включая восток Алтае-Саянской области, Забайкалье и Северную Монголию, рассмотрена эволюция субдукционного магматизма на неопротерозойском и венд-раннепалеозойском этапах развития сибирской континентальной окраины Палеоазиатского океана [Гордиенко, Метелкин, 2016].

Новое продолжение получили работы Н.Л. Добрецова и его учеников, связанные с тектонической эволюцией Горного Алтая [Добрецов и др., 1992; и др.]. В статье Е.В. Ветрова с соавторами обобщены результаты трекового датирования апатитов и приведена их корреляция со стратиграфическими, геоэлектрическими, тектоническими и геоморфологическими данными [Ветров и др., 2016]. На основе анализа цифровой и теневой моделей рельефа и данных трекового датирования апатитов представлены результаты изучения эволюции тектонических процессов и рельефа исследуемого региона за последние 100 млн лет.

Северо-Восточное складчато-надвиговое обрамление Сибирского кратона представлено в статье А.В. Прокопьева с соавторами. В ней охарактеризованы магматические породы вендско-раннекембрийского бимодального комплекса: трахириолиты, слагающие гальки в конгломератах вблизи основания кембрия, перекрывающие их трахибазальты, а также силлы и дайки основного состава, прорывающие отложения неопротерозоя [Прокопьев и др., 2016]. По мнению авторов, на северо-востоке Сибирской платформы на рубеже венда—раннего кембрия происходили процессы континентального рифтогенеза, сопровождавшиеся бимодальным магматизмом.

Хорошо изучив и приняв концепцию тектоники литосферных плит, Н.Л. Добрецов стал одним из немногих исследователей, глубоко разрабатывающих основы новой теории строения и развития Земли. Используя данные петрологии, экспериментального и численного моделирования, Николай Леонтьевич совместно с коллегами обосновал модель двухслойной конвекции в мантии с активным влиянием мантийных струй трех уровней, поднимающихся от границ ядро—мантия, нижняя—верхняя мантия и субдуцируемой плиты в верхней мантии, проанализировал магматизм и осадконакопление в Евразии как отражение суперплюма, пришел к выводу, что суперплюмы являются причиной главной геологической периодичности и глобальных перестроек [Добрецов, Кирдяшкин, 1991, 1994; Добрецов, 1997, 2003; Dobretsov, Vernikovsky, 2001; Dobretsov et al., 2008; и др.].

В работе К.Д. Литасова и А.Ф. Шацкого обсуждаются современные представления о составе и эволюции ядра Земли. Наиболее обоснованной на сегодняшний день, по мнению авторов, является модель ядра Земли с содержаниями (мас. %): Si = 5–6, O = 0.5–1.0, S = 1.8–1.9, C ≈ 2.0, при этом во внутреннем ядре может преобладать карбид Fe₇C₃ [Литасов, Шацкий, 2016]. Показано, что теплофизическое моделирование энергетики ядра согласуется с общим тепловым потоком от границы ядро—мантия 7–17 ТВт, а отвод избыточного тепла осуществляется через две крупные зоны пониженных скоростей в основании суперплюмов. Авторы считают, что процесс отвода тепла от границы ядро—мантия опреде-

ляется либо чрезмерным накоплением тепла в ядре, либо инициируется погружением холодных субдукционных плит, но так или иначе тесно взаимосвязан с геодинамическими процессами на поверхности.

Связь тектоники плит и мантийных плюмов показана в статье М.И. Кузьмина и В.В. Ярмолюка. Ими выделены основные, по их мнению, рубежи, когда происходили перестройки главных механизмов, определяющих развитие Земли, — 2.7 млрд лет, когда сформировалось ядро Земли и начали проявляться процессы, связанные с формированием суперконтинентов и суперплюмов; 2 млрд лет, когда образуется слой D'' , развивается астеносфера и начинается современный стиль работы «машины» нашей Земли, при взаимодействии всех ее оболочек [Кузьмин, Ярмолюк, 2016].

Н.Л. Добрецов всегда интересуют геологические и геодинамические процессы как древние, так и современные. Его всегда привлекает Камчатка с современными магматическими процессами. Кроме научных вопросов туда его влекут и семейные традиции. На Камчатке работал его дед по матери член-корреспондент АН СССР Н.Г. Келль, там же встретились и его будущие родители. Николай Леонтьевич изучал на Камчатке глаукофановые сланцы в Пенжинском хребте еще в 1965–1966 гг. [Добрецов, Пономарева, 1965]. В последние же годы его больше интересует структура, состав и эволюция самих вулканов [Добрецов и др., 2012; Koutrakov et al., 2013]. В статье И.Ю. Кулакова с соавторами показана структура магматических источников под вулканами Ключевской группы и Кизимен по данным сейсмической томографии [Кулаков и др., 2016]. Авторы представили трехмерную модель скоростей P и S сейсмических волн над погружающимся под Камчатку слэбом, полученную в результате томографической инверсии по временам прихода сейсмических волн от глубоких землетрясений в зоне субдукции. Основные результаты данного исследования связаны с выявлением структуры мантийного клина над погружающимся слэбом. Под Ключевской группой вулканов установлены относительно небольшие низкоскоростные аномалии, которые, возможно, отражают несколько путей миграции вещества с различных уровней надсубдукционной зоны. Вероятно, именно этим объясняется разнообразие составов и режимов извержений вулканов Ключевской группы.

Для получения новых знаний и развития своих идей Н.Л. Добрецов всегда уделяет большое внимание укреплению и совершенствованию лабораторной базы институтов. Так было в Бурятском геологическом институте (ныне ГИ СО РАН) в Улан-Удэ, где он был директором 9 лет, вооружив институт микрозондом, на котором работал сам, а его ученики и коллеги готовили кандидатские и докторские диссертации. Так было и в Новосибирске, в ОИГГиМ СО РАН, который он возглавлял почти 20 лет, где был создан Аналитический центр, и во всем Сибирском отделении РАН, где много лет работает Приборная комиссия, которую он всегда поддерживал. Сотрудники ГИ СО РАН в Улан-Удэ к юбилею своего бывшего директора ввели в строй новый прекрасный прибор – одноколлекторный магнитно-секторный масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой Element XR и установкой для лазерной абляции UP-213. Это позволило выполнить первые исследования по U-Pb изотопному датированию цирконов из позднепалеозойских гранитоидов Западного Забайкалья и представить результаты в статье Б.В. Хубанова с соавторами [2016].

Ученики и соратники Николая Леонтьевича Добрецова, подготовившие этот номер журнала, от души поздравляют его с юбилеем и желают новых идей и научных открытий!

ЛИТЕРАТУРА

Бакуменко И.Т., Добрецов Н.Л. Магматическое происхождение офиолитовых габбро // Докл. АН СССР, 1976, т. 230, № 6, с. 1425–1428.

Баталева Ю.В., Пальянов Ю.Н., Борздов Ю.М., Баюков О.А., Соболев Н.В. Условия образования графита и алмаза из карбида железа при P , T -параметрах литосферной мантии // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (1), с. 225–240.

Беличенко В.Г., Склярёв Е.В., Добрецов Н.Л., Томуртогов О. Геодинамическая карта Палеоазиатского океана. Восточный сегмент // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (7–8), с. 29–40.

Берзин Н.А., Колман Р.К., Добрецов Н.Л., Зоненшайн Л.П., Сяо Сючань, Чанг Э.З. Геодинамическая карта западной части Палеоазиатского океана // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (7–8), с. 8–28.

Верниковский В.А., Метелкин Д.В., Верниковская А.Е., Матушкин Н.Ю., Казанский А.Ю., Кадильников П.И., Романова И.В., Вингейт М.Т.Д., Ларионов А.Н., Родионов Н.В. Неопротерозойская тектоническая структура Енисейского кряжа и формирование западной окраины Сибирского кратона на основе новых геологических, палеомагнитных и геохронологических данных // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (1), с. 63–90.

Ветров Е.В., Буслов М.М., де Гравэ И. Эволюция тектонических событий и рельефа юго-восточной части Горного Алтая в позднем мезозое—кайнозое по данным трековой термохронологии апатита // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (1), с. 125–142.

Гордиенко И.В., Метелкин Д.В. Эволюция субдукционного магматизма на неопротерозойской и венд-раннепалеозойской активных окраинах Палеоазиатского океана // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (1), с. 91—108.

Добрецов Н.Л. Аномальный анализим из жадеитовых пород хр. Борус (Западный Саян) и его генезис // Геология и геофизика, 1962 (12), с. 114—116.

Добрецов Н.Л. Глаукофановый метаморфизм и три типа офиолитовых комплексов // Докл. АН СССР, 1974, т. 216, № 6, с. 1383—1386.

Добрецов Н.Л. Закономерности формирования структуры южного обрамления Сибирской платформы // Геотектоника, 1985, № 3, с. 94—95.

Добрецов Н.Л. Пермотриасовые магматизм и осадконакопление в Евразии как отражение суперплюма // ДАН, 1997, т. 354, № 2, с. 220—223.

Добрецов Н.Л. Мантийные плюмы и их роль в формировании анорогенных гранитоидов // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (12), с. 1243—1261.

Добрецов Н.Л., Пономарева Л.Г. О пироксенах эклогитовой фации, жадеитовых пород и глаукофановых сланцев // Материалы по генетической и экспериментальной минералогии. Новосибирск, 1964, с. 56—96. (Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 30, т. 2).

Добрецов Н.Л., Пономарева Л.Г. Лавсонит-глаукофановые метаморфические сланцы Пенжинского хребта Северо-Западной Камчатки // Докл. АН СССР, 1965, т. 160, № 1, с. 196—199.

Добрецов Н.Л., Пономарева Л.Г. Офиолиты и ассоциирующие глаукофановые сланцы Куртушинского хребта (Западный Саян) // Геология и геофизика, 1976 (2), с. 40—53.

Добрецов Н.Л., Зоненшайн Л.П. Сопоставление рифейско-палеозойских офиолитов Северной Евразии // Рифейско-нижнепалеозойские офиолиты Северной Евразии. Новосибирск, Наука, 1985, с. 181—193.

Добрецов Н.Л., Булгатов А.Н. Геодинамическая карта Забайкалья (принципы составления и легенда). Новосибирск, 1991, 52 с. (Препринт / ОИГГМ СО АН СССР; № 8).

Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г. Моделирование двухслойной мантийной конвекции // Докл. АН СССР, 1991, т. 318, № 4, с. 946—949.

Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г. Глубинная геодинамика. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 1994, 299 с. (Тр. ОИГГМ СО РАН, вып. 830).

Добрецов Н.Л., Ревердатто В.В., Соболев В.С., Соболев Н.В., Ушакова Е.Н., Хлестов В.В. Карта метаморфических фаций СССР. Масштаб 1:7 500 000. Новосибирск, Наука, 1966, 2 л.

Добрецов Н.Л., Ревердатто В.В., Соболев В.С., Соболев Н.В., Хлестов В.В. Фации метаморфизма. М., Недра, 1970, 432 с.

Добрецов Н.Л., Кочкин Ю.Н., Кривенко А.П., Кутолин В.А. Породообразующие пироксены. М., Наука, 1971, 454 с.

Добрецов Н.Л., Шараськин А.Я., Лаврентьев Ю.Г., Соболев А.В., Соболев Н.В., Коматсу М., Тазаки К., Дитрих Ф., Оберхансли Р. Вулканогенные породы серии марианит—бонинит // Геология дна Филиппинского моря. М., Наука, 1980, с. 149—179.

Добрецов Н.Л., Конников Э.Г., Медведев В.Н., Склярёв Е.В. Офиолиты и олистостромы Восточного Саяна // Рифейско-нижнепалеозойские офиолиты Северной Евразии. Новосибирск, Наука, 1985, с. 34—58.

Добрецов Н.Л., Конников Э.Г., Склярёв Е.В., Медведев В.Н. Марианит-бонинитовая серия и эволюция офиолитового магматизма Восточного Саяна // Геология и геофизика, 1986 (12), с. 29—35.

Добрецов Н.Л., Симонов В.А., Буслов М.М., Куренков С.А. Океанические и островодужные офиолиты юго-восточной части Горного Алтая // Геология и геофизика, 1992 (12), с. 3—14.

Добрецов Н.Л., Кулаков И.Ю., Литасов Ю.Д. Пути миграции магм и флюидов и составы вулканических пород Камчатки // Геология и геофизика, 2012, т. 53 (12), с. 1633—1661.

Кузьмин М.И., Ярмолюк В.В. Тектоника плит и мантийные плюмы — основа эндогенной тектонической активности Земли последние 2 млрд лет // Геология и геофизика, 2016, т. 57(1), с. 11—30.

Кулаков И.Ю., Кукарина Е.В., Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Верниковский В.А. Магматические источники в мантийном клине под вулканами Ключевской группы и влк. Кизимен (Камчатка) по данным сейсмической томографии // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (1), с. 109—124.

Литасов К.Д., Шацкий А.Ф. Современные представления о составе ядра Земли // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (1), с. 31—62.

Прокопьев А.В., Худoley А.К., Королева О.В., Казакова Г.Г., Лохов Д.К., Малышев С.В., Зайцев А.И., Роев С.П., Сергеев С.С., Бережная Н.Г., Васильев Д.А. Раннекембрийский бимодальный магматизм на северо-востоке Сибирского кратона // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (1), с. 199—224.

Скляр Е.В., Ковач В.П., Котов А.Б., Кузьмичев А.Б., Лавренчук А.В., Переляев В.И., Щипанский А.А. Бониниты и офиолиты: проблемы их соотношения и петрогенезиса бонитов // Геология и геофизика, 2016, т. 57(1), с. 163—180.

Соболев В.С., Соболев Н.В. Новые доказательства погружения на большие глубины эклогитизированных пород коры // Докл. АН СССР, 1980, т. 250, № 3, с. 683—685.

Соболев В.С., Добрецов Н.Л., Соболев Н.В., Хлестов В.В. Связь процессов магмообразования с метаморфизмом и глубинным строением земной коры и верхней мантии // Проблемы кристаллохимии минералов и эндогенного минералообразования. Л., Наука, 1967, с. 170—182.

Ханчук А.И., Высоцкий С.В. Разноглубинные габбро-гипербазитовые ассоциации в офиолитах Сихотэ-Алиня (Дальний Восток России) // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (1), с. 181—198.

Хубанов В.Б., Буянтгев М.Д., Цыганков А.А. U-Pb изотопное датирование цирконов из PZ₃-MZ магматических комплексов Забайкалья методом магнитно-секторной масс-спектрометрии с лазерным пробоотбором: процедура определения и сопоставление с SHRIMP данными // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (1), с. 241—258.

Шацкий В.С., Зедгенизов Д.А., Рагозин А.Л. Свидетельства присутствия субдукционного компонента в алмазоносной мантии Сибирского кратона // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (1), с. 143—162.

Dobretsov N.L., Sobolev N.V. Eclogites from metamorphic complexes of the USSR // Phys. Earth Planet. Int., 1970, № 4, p. 462—470.

Dobretsov N.L., Vernikovskiy V.A. Mantle plumes and their geologic manifestations // Int. Geol. Rev. 2001, v. 43, № 9, p. 771—787.

Dobretsov N.L., Shatsky V.S. Exhumation of high-pressure rocks of the Kokchetav massif: facts and models // Lithos, 2004, v. 78, p. 307—318.

Dobretsov N.L., Berzin N.A., Buslov M.M. Opening and tectonic evolution of the Paleo-Asian ocean // Int. Geol. Rev., 1995, v. 37, p. 335—360.

Dobretsov N.L., Buslov M.M., Vernikovskiy V.A. Neoproterozoic to Early Ordovician evolution of the Paleo-Asian Ocean: Implications to the break-up of Rodinia // Gondwana Res., 2003, v. 6, № 2, p. 143—159.

Dobretsov N.L., Kirdyashkin A.G., Kirdyashkin A.A., Vernikovskiy V.A., Gladkov I.N. Modelling of thermochemical plumes and implication for the origin of the Siberian traps // Lithos, 2008, v. 100, p. 66—92.

Koulakov I., Gordeev E.I., Dobretsov N.L., Vernikovskiy V.A., Senyukov S., Jakovlev A., Jaxybulatov K. Rapid changes in magma storage beneath the Klyuchevskoy group of volcanoes inferred from time dependent seismic tomography // J. Volcanol. Geotherm. Res., 2013, v. 263, p. 75—91.

Schertl H.P., Sobolev N.V. The Kokchetav Massif, Kazakhstan: «Type locality» of diamond-bearing UHP metamorphic rocks // J. Asian Earth Sci., 2013, v. 63, p. 5—38.

Sobolev V.S., Dobretsov N.L., Sobolev N.V. Classification of xenoliths of deep seated origin and types of the upper mantle // Int. Geol. Rev., 1973, v. 15, № 10, p. 1197—1202.

Sobolev N.V., Shatsky V.S. Diamond inclusions in garnets from metamorphic rocks: a new environments for diamond formation // Nature, 1990, v. 343, p. 742—746.

*Поступила в редакцию
2 ноября 2015 г.*