

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

Основан в январе 1960	Периодичность 12 раз в год	Том 56, № 1—2	Январь—февраль 2015
--------------------------	-------------------------------	---------------	------------------------

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК

**КРИСТАЛЛОГЕНЕЗИС И МИНЕРАЛОГИЯ: СВЯЗЬ С ГЛУБИННЫМ ЦИКЛОМ УГЛЕРОДА**

- Соболев Н.В., Добрецов Н.Л., Отани Э., Тэйлор Л.А., Шертл Г.-П., Пальянов Ю.Н., Литасов К.Д.** Проблемы, связанные с кристаллогенезисом и глубинным циклом углерода ..... 5

*ГЕОЛОГИЯ И ГЛУБИННЫЙ ЦИКЛ УГЛЕРОДА*

- Добрецов Н.Л., Кулаков И.Ю., Литасов К.Д., Кукарина Е.В.** Значение геологии, экспериментальной петрологии и сейсмоотографии для комплексной оценки субдукционных процессов..... 21
- Добрецов Н.Л., Лазарева Е.В., Жмодик С.М., Брянская А.В., Морозова В.В., Тикунова Н.В., Пельтек С.Е., Карпов Г.А., Таран О.П., Огородникова О.Л., Кириченко И.С., Розанов А.С., Бабкин И.В., Шуваева О.В., Чебыкин Е.П.** Геологические, гидрогеохимические и микробиологические особенности Нефтяной площадки кальдеры Узон (*Камчатка*) ..... 56
- Буслов М.М., Добрецов Н.Л., Вовна Г.М., Киселев В.И.** Структурное положение, состав и геодинамическая природа алмазоносных метаморфических пород Кокчетавской субдукционно-коллизонной зоны Центрально-Азиатского складчатого пояса (*Северный Казахстан*) ..... 89
- Михно А.О., Корсаков А.В.** Карбонатитовый, силикатный и сульфидный расплавы: гетерогенность минералообразующей среды в породах сверхвысоких давлений Кокчетавского массива ..... 110
- Шертл Г.-П., Нойзер Р.Д., Логвинова А.М., Вирт Р., Соболев Н.В.** Католюминесцентная микроскопия известково-силикатных пород сверхвысоких давлений Кокчетавского массива: что мы можем узнать нового о силикатах, углеродсодержащих минералах и алмазах? ..... 133

*КРИСТАЛЛОГЕНЕЗИС И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ*

- Шацкий А.Ф., Литасов К.Д., Пальянов Ю.Н.** Фазовые взаимоотношения в карбонатных системах при *P-T* параметрах литосферной мантии: обзор экспериментальных данных ..... 149
- Баталева Ю.В., Пальянов Ю.Н., Сокол А.Г., Борздов Ю.М., Баюков О.А.** Роль пород, содержащих самородное железо, в образовании железистых карбонатно-силикатных расплавов: экспериментальное моделирование при *P-T*-параметрах литосферной мантии ..... 188
- Кривовичев С.В., Чернятьева А.П., Бритвин С.Н., Яковенчук В.Н.** Кристаллическая структура гирвасита  $\text{NaCa}_2\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_3(\text{CO}_3)(\text{H}_2\text{O})_6$  — сложного водного фосфат-карбоната с электронейтральными гетерополиэдрическими слоями..... 204
- Литасов К.Д., Попов З.И., Гаврюшкин П.Н., Овчинников С.Г., Федоров А.С.** Первопринципные расчеты уравнений состояния и относительной стабильности карбидов железа при давлениях ядра Земли..... 214
- Дорогокупец П.И., Дымшиц А.М., Соколова Т.С., Данилов Б.С., Литасов К.Д.** Уравнения состояния форстерита, вадслеита, рингвудита, акимотоита,  $\text{MgSiO}_3$ -

перовскита и постперовскита и фазовая диаграмма системы $Mg_2SiO_4$ при давлениях до 130 ГПа .....	224
<b>Отани Э., Мибе К., Сакамаки Т., Камада С., Такахаси С., Фукуи Х., Цуцуи С., Барон А. К.Р.</b> Скорости звуковых волн, измеренные методом неупругого рассеяния рентгеновских лучей при высоких давлениях и температурах в алмазной ячейке с резистивным нагревом .....	247

#### КРИСТАЛЛОГЕНЕЗИС АЛМАЗА

<b>Пальянов Ю.Н., Сокол А.Г., Хохряков А.Ф., Крук А.Н.</b> Условия кристаллизации алмаза в кимберлитовом расплаве по экспериментальным данным .....	254
<b>Энджел Р.Дж., Альваро М., Нестола Ф., Маццучелли М.Л.</b> Термоупругие свойства алмаза и их значение для определения давления образования систем алмаз—включение .....	273
<b>Кузюра А.В., Литвин Ю.А., Джеффрис Т.</b> Коэффициенты межфазового распределения редких элементов в карбонатно-силикатных материнских средах алмазов и парагенных включений ( <i>эксперимент при 7.0—8.5 ГПа</i> ) .....	286
<b>Хохряков А.Ф., Нечаев Д.В.</b> Типоморфные особенности включений графита в алмазе: экспериментальные данные .....	300
<b>Реутский В.Н., Пальянов Ю.Н., Борздов Ю.М., Сокол А.Г.</b> Изотопное фракционирование углерода при кристаллизации алмаза в модельных системах .....	308

#### АЛМАЗ И КИМБЕРЛИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ

<b>Сокол А.Г., Крук А.Н.</b> Условия генерации кимберлитовых магм: обзор экспериментальных данных .....	316
<b>Соболев Н.В., Соболев А.В., Томиленко А.А., Ковязин С.В., Батанова В.Г., Кузьмин Д.В.</b> Парагенезис и сложная зональность вкрапленников оливина из неизмененного кимберлита трубки Удачная-Восточная ( <i>Якутия</i> ): связь с условиями образования и эволюцией кимберлита .....	337
<b>Похиленко Н.П., Агашев А.М., Литасов К.Д., Похиленко Л.Н.</b> Взаимоотношения карбонатитового метасоматоза деплетированных перидотитов литосферной мантии с алмазообразованием и карбонатит-кимберлитовым магматизмом .....	361
<b>Зедгенизов Д.А., Шацкий В.С., Панин А.В., Евтушенко О.В., Рагозин А.Л., Каги Х.</b> Свидетельства фазовых переходов минеральных включений в сверхглубинных алмазах из месторождения Сао-Луис ( <i>Бразилия</i> ) .....	384
<b>Логвинова А.М., Тэйлор Л.А., Федорова Е.Н., Елисеев А.П., Вирт Р., Ховарт Дж., Реутский В.Н., Соболев Н.В.</b> Уникальный ксенолит алмазоносного перидотита из кимберлитовой трубки Удачная ( <i>Якутия</i> ): роль субдукции в образовании алмазов .....	397
<b>Нойзер Р.Д., Шергл Г.-П., Логвинова А.М., Соболев Н.В.</b> Исследование включений оливина в сибирских алмазах методом дифракции обратнорассеянных электронов: признаки сингенетического роста? .....	416
<b>Скузоватов С.Ю., Зедгенизов Д.А., Ракевич А.Л., Шацкий В.С., Мартынович Е.Ф.</b> Полистадийный рост алмазов с облакоподобными микровключениями из кимберлитовой трубки Мир: по данным изучения оптически-активных дефектов .....	426
<b>Специус З.В., Богуш И.Н., Ковальчук О.Е.</b> ИК-картирование алмазных пластин из ксенолитов эклогитов и перидотитов трубки Нюрбинская ( <i>Якутия</i> ): генетические следствия .....	442
<b>Титков С.В., Ширяев А.А., Зудина Н.Н., Зудин Н.Г., Солодова Ю.П.</b> Дефекты в кубических алмазах из россыпей северо-востока Сибирской платформы по данным ИК-микроспектроскопии .....	455

SIBERIAN BRANCH  
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
SCIENTIFIC JOURNAL  
GEOLOGIYA I GEOFIZIKA

Founded in January 1960	Monthly	Vol. 56, № 1—2	January—February 2015
----------------------------	---------	----------------	--------------------------

SPECIAL ISSUE

*CRYSTALLOGENESIS AND MINERALOGY: LINK TO DEEP CARBON CYCLE*

- Sobolev N.V., Dobretsov N.L., Ohtani E., Taylor L.A., Schertl H.P., and Palyanov Yu.N., and Litasov K.D.** Problems related to crystallogenes and the deep carbon cycle..... 5

*GEOLOGY AND DEEP CARBON CYCLE*

- Dobretsov N.L., Koulakov I.Yu., Litasov K.D., and Kukarina E.V.** An integrate model of subduction: contributions from geology, experimental petrology, and seismic tomography ..... 21
- Dobretsov N.L., Lazareva E.V., Zhmodik S.M., Bryanskaya A.V., Morozova V.V., Tikunova N.V., Peltek S.E., Karpov G.A., Taran O.P., Ogorodnikova O.L., Kirichenko I.S., Rozanov A.S., Babkin I.V., Shuvaeva O.V., and Chebykin E.P.** Geological, hydrogeochemical, and microbiological characteristics of the “oil site” of the Uzon caldera (*Kamchatka*)..... 56
- Buslov M.M., Dobretsov N.L., Vovna G.M., and Kiselev V.I.** Structural location, composition, and geodynamic nature of diamond-bearing metamorphic rocks of the Kokchetav subduction–collision zone of the Central Asian Fold Belt (*northern Kazakhstan*)..... 89
- Mikhno A.O. and Korsakov A.V.** Carbonate, silicate, and sulfide melts: heterogeneity of the UHP mineral-forming media in calc-silicate rocks from the Kokchetav massif..... 110
- Schertl H.-P., Neuser R.D., Logvinova A.M., Wirth R., and Sobolev N.V.** Cathodoluminescence microscopy of the Kokchetav ultrahigh-pressure calc–silicate rocks: What can we learn from silicates, carbon-hosting minerals, and diamond? ..... 133

*CRYSTALLOGENESIS AND EXPERIMENTAL MINERALOGY*

- Shatskiy A.F., Litasov K.D., and Palyanov Yu.N.** Phase relations in carbonate systems at pressures and temperatures of lithospheric mantle: review of experimental data..... 149
- Bataleva Yu.V., Palyanov Yu.N., Sokol A.G., Borzdov Yu.M., and Bayukov O.A.** The role of rocks saturated with metallic iron in the formation of ferric carbonate–silicate melts: experimental modeling under lithospheric mantle *PT*-conditions ..... 188
- Krivovichev S.V., Chernyatieva A.P., Britvin S.N., Yakovenchuk V.N.** The crystal structure of girvasite,  $\text{NaCa}_2\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_3(\text{CO}_3)(\text{H}_2\text{O})_6$ , a complex phosphate–carbonate hydrate based on electroneutral heteropolyhedral layers ..... 204
- Litasov K.D., Popov Z.I., Gavryushkin P.N., Ovchinnikov S.G., and Fedorov A.S.** First-principles calculations of the state equations and relative stability of iron carbides at the Earth’s core pressures ..... 214
- Dorogokupets P.I., Dymshits A.M., Sokolova T.S., Danilov B.S., and Litasov K.D.** The equations of state for forsterite, wadsleyite, ringwoodite, akimotoite,  $\text{MgSiO}_3$ -perovskite, and postperovskite and phase diagram for the  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  system at pressures of up to 130 GPa..... 224
- Ohtani E., Mibe K., Sakamaki T., Kamada S., Takahashi S., Fukui H., Tsutsui S., and Baron A.Q.R.** Sound velocity measurement by inelastic X-ray scattering at high pressure and temperature by resistive heating diamond anvil cell ..... 247

# DIAMOND CRYSTALLOGENY

<b>Palyanov Yu.N., Sokol A.G., Khokhryakov A.F., and Kruk A.N.</b> Conditions of diamond crystallization in kimberlite melt: experimental data .....	254
<b>Angel R.J., Alvaro M., Nestola F., and Mazzucchelli M.L.</b> Diamond thermoelastic properties and implications for determining the pressure of formation of diamond–inclusion systems .....	273
<b>Kuzyura A.V., Litvin Yu.A., and Jeffries T.</b> Interface partition coefficients of trace elements in carbonate–silicate parental media for diamonds and paragenetic inclusions ( <i>experiment at 7.0–8.5 GPa</i> ) .....	286
<b>Khokhryakov A.F. and Nechaev D.V.</b> Typomoprphic features of graphite inclusions in diamond: experimental data .....	300
<b>Reutsky V.N., Palyanov Yu.N., Borzdov Yu.M., and Sokol A.G.</b> Isotope fractionation of carbon during diamond crystallization in model systems .....	308

# DIAMOND AND KIMBERLITE MAGMATISM

<b>Sokol A.G. and Kruk A.N.</b> Conditions of kimberlite magma generation: experimental constraints .....	316
<b>Sobolev N.V., Sobolev A.V., Tomilenko A.A., Kovyazin S.V., Batanova V.G., and Kuz'min D.V.</b> Paragenesis and complex zoning of olivine macrocrysts from unaltered kimberlite of the Udachnaya-East pipe ( <i>Yakutia</i> ): relationship with the kimberlite formation conditions and evolution .....	337
<b>Pokhilenko N.P., Agashev A.M., Litasov K.D., and Pokhilenko L.N.</b> Carbonatite metasomatism of peridotite lithospheric mantle: implications for diamond formation and carbonatite–kimberlite magmatism .....	361
<b>Zedgenizov D.A., Shatsky V.S., Panin A.V., Evtushenko O.V., Ragozin A.L., and Kagi H.</b> Evidence for phase transitions in mineral inclusions in superdeep diamonds of the São Luiz deposit (Brazil) .....	384
<b>Logvinova A.M., Taylor L.A., Fedorova E.N., Yelisseyev A.P., Howarth G., Reutskii V.N., Wirth R., and Sobolev N.V.</b> A unique diamondiferous peridotite xenolith from the Udachnaya kimberlite pipe ( <i>Yakutia</i> ): role of subduction in diamond formation .....	397
<b>Neuser R.D., Schertl H.-P., Logvinova A.M., and Sobolev N.V.</b> An EBSD study of olivine inclusions in Siberian diamonds: evidence for syngenetic growth? .....	416
<b>Skuzovatov S.Yu., Zedgenizov D.A., Rakevich A.L., Shatsky V.S., and Martynovich E.F.</b> Multiple growth events in diamonds with cloudy microinclusions from the Mir kimberlite pipe: evidence from the systematics of optically active defects .....	426
<b>Spetsius Z.V., Bogush I.N., and Kovalchuk O.E.</b> FTIR mapping of diamond plates of eclogitic and peridotitic xenoliths from the Nyurbinskaya pipe ( <i>Yakutia</i> ): genetic implications .....	442
<b>Titkov S.V., Shiryaev A.A., Zudina N.N., Zudin N.G., and Solodova Yu.P.</b> Defects in cubic diamonds from the placers in the northeastern Siberian Platform: results of IR microspectrometry .....	455

**ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С КРИСТАЛЛОГЕНЕЗИСОМ  
И ГЛУБИННЫМ ЦИКЛОМ УГЛЕРОДА**

**Н.В. Соболев<sup>1,3</sup>, Н.Л. Добрецов<sup>2,3</sup>, Э. Отани<sup>1,4</sup>, Л.А. Тэйлор<sup>5</sup>, Г.-П. Шертл<sup>6</sup>,  
Ю.Н. Пальянов<sup>1,3</sup>, К.Д. Литасов<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup> Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

<sup>2</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

<sup>3</sup> Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

<sup>4</sup> Department of Earth Science, Tohoku University, 980-8578, Sendai, Japan

<sup>5</sup> Planetary Geosciences Institute, University of Tennessee, Knoxville, USA

<sup>6</sup> Institute of Geology, Mineralogy and Geophysics, Ruhr University, 44780, Bochum, Germany

Представлен аналитический обзор основных результатов и тенденций по программе «Глубинный цикл углерода». В первом разделе рассматриваются проблемы, связанные с зонами субдукции с упором на геолого-геофизические данные по Камчатке и Кокчетавской палеосубдукционной зоне. Экспериментальным исследованиям в широком диапазоне давлений посвящен раздел «Кристаллогенезис и экспериментальная минералогия». С алмазной тематикой связаны статьи, объединенные в разделы «Кристаллогенезис алмаза» и «Алмаз и кимберлитовый магматизм» на примере Якутской алмазоносной провинции.

*Мантия, ядро, субдукция, магматизм, высокие давления и температуры, эксперимент, перидотит, эклогит, алмаз, углерод.*

**PROBLEMS RELATED TO CRYSTALLOGENESIS AND THE DEEP CARBON CYCLE**

**N.V. Sobolev, N.L. Dobretsov, E. Ohtani, L.A. Taylor, H.P. Schertl, Yu.N. Palyanov, and K.D. Litsov**

We present an analytical review of the key results and research trends in the Deep Carbon Cycle program. The first section addresses the issues related to subduction zones with emphasis on geological and geophysical data on Kamchatka and the Kokchetav paleosubduction zone. Experimental studies over a wide pressure range are discussed in the section "Crystallogenesis and experimental mineralogy". The papers addressing the diamond issues on the example of the Yakutian diamondiferous province are grouped in the sections "Diamond crystallogeny" and "Diamond and kimberlite magmatism".

*Mantle, core, subduction, magmatism, high pressures and temperatures, experiment, peridotite, eclogite, diamond, carbon*

**ВВЕДЕНИЕ**

В предлагаемом специальном тематическом выпуске журнала «Геология и геофизика» представлена большая часть докладов симпозиума «Глубинный цикл углерода: минералогия и кристаллохимия углеродсодержащих соединений», проведенного в рамках III Международной конференции «Кристаллогенезис и минералогия» (Новосибирск, 27 сентября — 1 октября 2013 г.), а также статьи, касающиеся программы «Глубинный цикл углерода». Этот выпуск поддержан руководством Международной программы «Глубинный цикл углерода» DCO (Deep Carbon Observatory).

В спецвыпуске вошли 25 статей, объединенных в четыре раздела. Он открывается разделом «Геология и глубинный цикл углерода», в котором обсуждены проблемы, связанные с зонами субдукции, поскольку субдукция — главный процесс, обеспечивающий поступление углерода в мантию и замыкающий глубинный цикл углерода. В этом разделе также обсуждена проблема гидротермальных углеводородов (на примере Камчатки).