

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

Основан в январе 1960	Периодичность 12 раз в год	Том 55, № 9	Сентябрь 2014
--------------------------	-------------------------------	-------------	------------------

СОДЕРЖАНИЕ

*ГЕОЛОГИЯ И НЕОТЕКТОНИКА*

- Сокол Э.В., Новикова С.А., Алексеев Д.В., Травин А.В.** Природные угольные пожары Кузбасса: геологические предпосылки, климатические обстановки, возраст..... 1319
- Агатова А.Р., Непоп Р.К., Баринов В.В., Назаров А.Н., Мыглан В.С.** Первый опыт датирования сильных голоценовых землетрясений Горного Алтая с использованием длительных древесно-кольцевых хронологий..... 1344

*ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ*

- Гребенников А.В.** Гранитоиды *A*-типа: проблемы диагностики, формирования и систематики ..... 1356
- Хамлоет П., Писута-Арнонд В., Суттират С.** Минеральные включения в сапфирах месторождения Бо Флой (*Канчанабури, Западный Таиланд*), ассоциированного с базальтами: особенности их генезиса ..... 1374
- Рафик М., Хан А.Р., Джаббар А., Рахман С.Ю., Казми С.Д.А., Назир Т., Аршед В., Матиулла.** Оценка дозы излучения, генерируемого природными радионуклидами, в образцах пород различного происхождения (*Азад Кашир, Пакистан*)..... 1392

*СТРАТИГРАФИЯ И ПАЛЕОНТОЛОГИЯ*

- Хафаева С.Н.** Особенности фациальной дифференциации сообществ фораминифер раннего мела (берриас—готерив) Усть-Енисейского бассейна..... 1404

*ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА*

- Хлыстов О.М., Нишио Ш., Манаков А.Ю., Сугияма Х., Хабуев А.В., Белоусов О.В., Грачев М.А.** Опыт картирования кровли приповерхностных газовых гидратов озера Байкал и извлечение газа из них ..... 1415

*ГЕОФИЗИКА*

- Голованова И.В., Сальманова Р.Ю., Тагирова Ч.Д.** Методика расчета глубинных температур с учетом исправленных на влияние палеоклимата значений теплового потока ..... 1426
- Плоткин В.В., Дядьков П.Г., Овчинников С.Г.** Выявление фазового перехода магнезиовостита в нижней мантии: инверсия геомагнитных данных ..... 1436
- Ребецкий Ю.Л.** О неустойчивости слоистых сред в условиях гравитационного напряженного состояния..... 1446

SIBERIAN BRANCH  
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
SCIENTIFIC JOURNAL  
GEOLOGIYA I GEOFIZIKA

Founded in January 1960	Monthly	Vol. 55, № 9	September 2014
----------------------------	---------	--------------	-------------------

## CONTENTS

### *GEOLOGY AND NEOTECTONICS*

- Sokol E.V., Novikova S.A., Alekseev D.V., and Travin A.V.** Natural coal fires in the Kuznetsk coal basin: geologic causes, climate, and age ..... 1319
- Agatova A.R., Nepop R.K., Barinov V.V., Nazarov A.N., and Myglan V.S.** The first dating of strong Holocene earthquakes in Gorny Altai using long-term tree-ring chronologies ..... 1344

### *PETROLOGY, GEOCHEMISTRY, AND MINERALOGY*

- Grebennikov A.V.** A-type granites and related rocks: problems of identification, petrogenesis, and classification ..... 1356
- Khamloet P., Pisutha-Arnond V., and Sutthirath C.** Mineral inclusions in sapphire from the basalt-related deposit in Bo Phloi (*Kanchanaburi, Western Thailand*): indication of their genesis..... 1374
- Rafique M., Khan A.R., Jabbar A., Rahman S.U., Kazmi S.J.A., Nasir T., Arshed W., and Matiullah.** Evaluation of radiation dose due to naturally occurring radionuclides in rock samples of different origins collected from Azad Kashmir (*Pakistan*)..... 1392

### *STRATIGRAPHY AND PALEONTOLOGY*

- Khafaeva S.N.** Specific facies differentiation of Early Cretaceous (Berriasian–Hauterivian) foraminifer communities in the Ust'-Yenisei basin..... 1404

### *OIL AND GAS GEOLOGY*

- Khlystov O.M., Nishio Sh., Manakov A.Yu., Sugiyama H., Khabuev A.V., Belousov O.V., and Grachev M.A.** The experience of mapping of Baikal subsurface gas hydrates and gas recovery ..... 1415

### *GEOFYSICS*

- Golovanova I.V., Sal'manova R.Yu., and Tagirova Ch.D.** Method for deep-temperature estimation with regard to the paleoclimate influence on the heat flow ..... 1426
- Plotkin V.V., Dyad'kov P.G., and Ovchinnikov S.G.** Detecting a magnesio-wüstite phase transition in the lower mantle by inversion of geomagnetic data..... 1436
- Rebetsky Yu.L.** Instability of layered media under gravity stress ..... 1446

SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
NOVOSIBIRSK

© Сибирское отделение РАН, 2014  
© ИГМ СО РАН, 2014  
© ИНГГ СО РАН, 2014

## ПРИРОДНЫЕ УГОЛЬНЫЕ ПОЖАРЫ КУЗБАССА: ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ, КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ, ВОЗРАСТ

Э.В. Сокол<sup>1</sup>, С.А. Новикова<sup>1</sup>, Д.В. Алексеев<sup>1</sup>, А.В. Травин<sup>1,2,3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Томский государственный университет, 634050, Томск, просп. Ленина, 36, Россия

Статья суммирует результаты исследований плейстоценовых пирогенных комплексов Кузбасса. Методом ступенчатого прогрева выполнено  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирование паралав и клинкеров. На этой основе реконструирована последовательность реактивации древних разломов в Присалаирской зоне и получены оценки временных рубежей развития современной гидросети. Сопоставлены разрезы горельников с западной окраины и из центра Кузнецкой впадины. Дан анализ геологических факторов риска природных возгораний углей. Показано, что на западной окраине Кузбасса палеопожары возникали на мощных крутопадающих пластах, на участках с преобладанием мягких витрено-клареновых углей, обладающих высокой сорбционной емкостью в отношении метана и кислорода. Поля глубоко денудированных высокотемпературных горельников приурочены к сводам слабонарушенных антиклиналей. Доступ воздуха к углям был обеспечен в ходе позднекайнозойской реактивации разломов, и последующего эрозионного расчленения осадочных толщ. Их воспламенение от внешнего источника зажигания представляется более вероятным, нежели самовозгорание. Глубины распространения палеопожаров, достигающие 200 м, указывают на их возникновение в теплом и сухом климате. В центре Кузбасса разрозненные очаги пожаров возникали на пластах самовозгорающихся углей в ходе проработки современной гидросети. Горельники здесь слабо эродированы и преимущественно сложены породами начальной степени обжига. Геологические наблюдения и результаты  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датирования пирогенных пород свидетельствуют, что на западной окраине Кузбасса первая волна массовых возгораний прошла в эоплейстоцене (1.3—0.9 млн лет). За верхний возрастной рубеж начала высотной дифференциации рельефа этого района, связанной с реактивацией Тырганского взбросонадвига и Афонино-Киселевского взброса, можно принять наиболее древнюю  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датировку —  $1.7 \pm 0.3$  млн лет. Времена повторных возгораний на западной окраине ( $0.2 \pm 0.1$  млн лет) и в центре бассейна (0.13—0.02 млн лет) близки. Эти пожары с высокой вероятностью произошли в казанцевское межледниковье, когда закладывалась современная гидросеть.

*$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датирование, угольные пожары, пирометаморфические комплексы, климат, паралавы, клинкеры, Кузбасс.*

## NATURAL COAL FIRES IN THE KUZNETSK COAL BASIN: GEOLOGIC CAUSES, CLIMATE, AND AGE

E.V. Sokol, S.A. Novikova, D.V. Alekseev, and A.V. Travin

The paper summarizes data on the Pleistocene combustion metamorphic complexes of the Kuznetsk Coal Basin. Paralava and clinker samples are dated by  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  incremental heating. The  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages of the combustion metamorphic rocks permit reconstructions of the succession of renewed activity of ancient faults in the Salair zone and age estimates for the evolution of the present-day drainage network. Cross sections of burned rocks from the western margin and center of the Kuznetsk Basin are compared. The geologic factors of coal ignition risks are analyzed. On the western margin of the Kuznetsk Basin, paleofires occurred in steeply dipping thick seams with predominant crushed vitrain–clarain coal, which has a high oxygen and methane adsorption capacity. Highly denuded high-temperature combustion metamorphic complexes are most often localized in the arches of slightly broken anticlines. Oxygen was supplied to the coals during the Late Cenozoic renewed fault activity and the subsequent erosion of the sediments. The natural fires in the area were a result of external rather than spontaneous ignition. The paleofire depths (up to 200 m) indicate that they occurred in a warm and dry climate. In the center of the Kuznetsk Basin, dispersed fire foci appeared in seams of self-igniting coals with the erosion propagation of the current drainage network. The combustion metamorphic complexes here are partly

eroded and consist mostly of clinkers with a low degree of alteration. The  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages and geological data indicate that the earliest large-scale combustion events on the western periphery of the basin occurred in the Eopleistocene (1.3–0.9 Ma). The oldest  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age of a coal fire episode ( $1.7 \pm 0.3$  Ma) might be the upper age boundary of the altitude differentiation of topography, which corresponds to the renewed activity of the Tyrgan and Afonino–Kiselevsk faults. The later coeval combustion events on the western margin ( $0.2 \pm 0.1$  Ma) and in the center of the basin (0.13–0.02 Ma), most probably, occurred during the Kazantsevan interglacial, which gave rise to the present-day drainage network.

*$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating, coal fires, combustion metamorphic complexes, climate, paralavas, clinkers, Kuznetsk Basin*

## ВВЕДЕНИЕ

В эпохи массового захоронения органического вещества обеспечивалась изоляция каустобиолитов от кислорода атмосферы. В ходе неотектонической активизации, выразившейся в блоковых перемещениях фундамента дна осадочных бассейнов, особенно в их прибортовых частях, колоссальные объемы ископаемого органического топлива оказались выведенными на дневную поверхность [Пирогенный..., 2005; Coal..., 2010]. Усилившееся эрозионное расчленение территории обеспечило непосредственный контакт окислителя и топлива, создав главные предпосылки пожаров. Уголь, попав в зону аэрации, адсорбирует кислород и либо возгорается, либо вследствие окислительной дезактивации, быстро утрачивает способность к воспламенению [Кухаренко, 1960; Coal..., 2010]. Поэтому естественные угольные пожары возникают как «немедленный отклик» на тектоническую активизацию и интенсификацию эрозионных процессов. Следовательно, абсолютное датирование эпизодов пирогенного метаморфизма дает возможность реконструировать на численной основе позднекайнозойскую геологическую историю осадочных бассейнов [Heffern et al., 2007; Новиков и др., 2008]. Поскольку угольные пожары обычно возникают в теплых и засушливых обстановках [Яворский, Радугина, 1932; Усов, 1935; Heffern et al., 2007], их климатическая обусловленность открывает перспективы использования пирогенных пород в качестве новых климатических индикаторов.

Сегодня эта точка зрения подтверждена результатами датирования пирогенных комплексов Великих Равнин США [Heffern et al., 2007]. Оно было выполнено (U-Th)/He и трековым методами по отожденным в ходе угольных пожаров детритовым цирконам из клинкеров. Этими методами удалось датировать пожары, возраст которых не превышал 1 млн лет, и реконструировать этапы развития современной гидросети. По результатам датирования был сделан вывод о приуроченности палеопожаров к межледниковым периодам плейстоцена. Этот подход к датированию пирогенных событий мог бы быть признан наилучшим, однако его применимость резко ограничивают палеогеографические условия формирования угленосных отложений, — цирконы накапливаются только в осадках прибрежной зоны. Таким образом, существует потребность в разработке иных методик датирования пирогенных пород, применимых к более широкому спектру осадочных протолитов.

Принципиально иная методика датирования пирогенных плавленых пород, основанная на традиционном  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -методе ступенчатого прогрева, была отработана нами на материале плейстоценовых горельников Кузбасса. Наиболее древние датировки (~1.2 млн лет) были получены для горельников из зоны сочленения Кузнецкой впадины и Салаирского кряжа [Новиков и др., 2008]. Наряду с K/Ar-методом  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -метод широко применяется для датирования кайнотипных базитовых пород [Karlstrom et al., 2007; Перепелов и др., 2010].

Данная работа ставит своими целями: 1) реконструировать детали геологического строения разновозрастных горельников; 2) установить главные факторы риска (тектонические, структурные, вещественные) возникновения природных угольных пожаров в Кузбассе; 3) датировать пирогенные породы и реконструировать возрастные интервалы массовых возгораний угля на западной окраине и в центре Кузбасса.

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ УГЛЕНОСНЫХ ТОЛЩ И ПИРОГЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ КУЗБАССА

Кузбасс — крупнейший угледобывающий бассейн России — рассматривается также и как наиболее перспективный для добычи сорбированного метана из угольных пластов [Карасевич и др., 2001]. Структурно он приурочен к Кузнецкой впадине, выполненной мощными (до 10 км) осадками, относящимися к возрастному интервалу  $D_2$ — $J_2$  (табл. 1). По периферии впадины верхнепалеозойско-мезозойские осадочные комплексы были нарушены в результате реактивации древних разломов в позднекайнозойское время. Максимально деформированы толщи на северо-западной и юго-западной окраинах впадины [Геология..., 1969; Угольная база..., 2003]. Следы древних угольных пожаров встречаются в

Таблица 1. Стратиграфия и угленосность верхнего палеозоя Кузбасса [Угольная база..., 2003; Кудинов, 2007]

Серия	Подсерия	Свита	Мощность отложений, м	Число угольных пластов	Суммарная мощность угольных пластов, м	Угленосность, % (диапазон угле- носности, %)
Кольчугинская (P <sub>3</sub> kl)	Ерунаковская (P <sub>2</sub> er)	Тайлуганская (P <sub>2</sub> tl)	1900—2580	105	101.5	3.6 (0.7—16)
		Грамотеинская (P <sub>2</sub> gr)				
		Ленинская (P <sub>2</sub> ln)				
Кольчугинская (P <sub>3</sub> kl)	Ильинская (P <sub>2</sub> il)	Ускатская (P <sub>2</sub> usk)	1000—1600	64	12.6	1.4
		Казанково-Маркинская (P <sub>2</sub> k-m)				
		Митинская (P <sub>2</sub> mt)				
Кольчугинская (P <sub>3</sub> kl)	Кузнецкая (P <sub>2</sub> kz)	Старокузнецкая (P <sub>2</sub> skz)	500—1200	6	0.5	2.5
Балахонская (C <sub>1</sub> -P <sub>1</sub> bl)	Верхнебалахонская (P <sub>1</sub> bl)	Кемеровская (P <sub>1</sub> km)	825—1275	68	98.6	4.0 (1.3—21)
		Ишановская (P <sub>1</sub> is)				
		Промежуточная (P <sub>1</sub> pr)				
Балахонская (C <sub>1</sub> -P <sub>1</sub> bl)	Нижнебалахонская (C <sub>2-3</sub> bl)	Алыкаевская (C <sub>3</sub> al)	290—1045	3	2.1	1.8
		Мазуровская (C <sub>2</sub> mz)				
Балахонская (C <sub>1</sub> -P <sub>1</sub> bl)	Острогская (C <sub>1-2</sub> os)	Каезовская (C <sub>2</sub> ks)	100—600	—	—	< 1
		Евсеевская (C <sub>1</sub> ev)				

Кузбассе повсеместно. Однако большинство палеовозгораний сосредоточено на четырех площадях: Кемеровской, Прокопьевско-Киселевской, Кондомской и Ерунаковской. В 2005—2009 гг. нами были изучены пирогенные комплексы интенсивно деформированной западной окраины (Прокопьевско-Киселевская площадь, присалаирский комплекс) и слабodeформированной центральной части Кузнецкого бассейна (Ерунаковская площадь, комплексы соколовский, камушек, инской, караканский) (см. рис. 1). При анализе геологической ситуации и особенностей строения горельников наряду с собственными полевыми наблюдениями были использованы фондовые материалы (Медникова, Жданова, 1967 г.; Жданова и др., 1970 г.) и крупномасштабные карты [Луппов, 1964, 1965; Фотьева, 1984; Юзвический, 1998, 2000].

### Присалаирский комплекс

**Краткий очерк геологического строения района.** Западная окраина Кузнецкого прогиба интенсивно деформирована в результате надвигания Салаирского блока в условиях субгоризонтального сжатия [Яворский, 1970; Угольная база..., 2003; Кудинов, 2007]. Блочное строение района задает серия субпараллельных разломов взбросонадвигового типа с общей амплитудой вертикальных смещений до 2000 м. Крупнейшие из них — Тырганский, Тайбинский, Афонино-Киселевский и Киселевский — взбросы и взбросонадвиги ограничивают в рельефе три высотных ступени. Абсолютные отметки верхней ступени — 440—460 м; средней — 380—400 м, нижней — 320—370 м (рис. 2). В пределах средней высотной ступени выделяются Западная и Центральная тектонические зоны [Кудинов, 2007]. В Западной зоне преобладают сжатые линейные складки с крутонаклонными, часто опрокинутыми крыльями; в Центральной зоне — брахиформные складки. В Восточной зоне, пространственно совпадающей с нижней ступенью, преобладают открытые складки.

В районе распространены угленосные отложения кемеровской и ишановской свит (P<sub>1</sub>is, P<sub>1</sub>km) верхнебалахонской подсерии (табл. 2). Мощность рабочих пластов колеблется от 0.8 до 24 м. Коэффициент угленосности близок к максимальному в Кузбассе (до 21 %). В Западной зоне преобладают слабометаморфизованные матовые и полуматовые дюрено-фюзеновые угли марок ДГ, Г, ГЖ (R<sup>o</sup> < 1.1 %). Угли средних (КЖ, КС, СС, ОС; R<sup>o</sup> = 0.8—1.5 %) и высоких степеней метаморфизма (К, Т; R<sup>o</sup> = 1.0—1.75 %) с преобладанием полублестящих витрено-клареновых литотипов распространены в Центральной и на юге Восточной зоны. На участках крутого залегания обычны раздувы и пережимы пластов, где уголь интенсивно перемят. Для главных рабочих пластов Внутреннего III, IV, V доля мятых углей превышает 30 %; для пластов Характерного, Горелого и Внутреннего II, VI составляет 20—30 %; для Мощного — 15—20 %.

Природная метаносность в Прокопьевско-Киселевском районе колеблется от 10—45 м<sup>3</sup>/т в угольных пластах и до 1—3 м<sup>3</sup>/т — во вмещающих породах [Карасевич и др., 2001; Кудинов, 2007]. Основной объем (90—95 %) метана находится в сорбированном состоянии. Наибольшей газоносностью (до 32—34 м<sup>3</sup>/т сухой беззольной массы угля) обладают витреновые и клареновые угли марок К и ГЖ