

УДК 551.24

DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-6-839-858

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДОЮРСКОГО ОСНОВАНИЯ ЮГАНСКО-КОЛТОГОРСКОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2018 г. К. С. Иванов, С. В. Берзин, Н. В. Вахрушева, Н. П. Костров,  
О. Э. Погромская

Институт геологии и геохимии УрО РАН, 620016, г. Екатеринбург, ул. Акад. Вонсовского, 15,  
e-mail: ivanovks@igg.uran.ru

Поступила в редакцию 24.07.2017 г., принята к печати 19.09.2017 г.

**Объект исследования.** Проведено доизучение петрографии, петрохимии, геохимии, геохронологии и биостратиграфии пород Юганско-Колтогорской зоны (центральная часть Западно-Сибирской плиты). **Материалы и методы.** Исследовались образцы керна скважин, вскрывших комплексы доюрского основания Юганско-Колтогорской зоны. Химический состав минералов изучен методом рентгеноспектрального микроанализа на приборах CAMECA SX 100 JEOL-733 Superprobe, силикатный анализ пород проведен на приборе EDX-100, геохимические характеристики пород получены методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) на приборах ELAN-9000 и Element2, U-Pb датирование цирконов осуществлялось на ионном микрозонде SHRIMP-IIb, датирование проб Ar-Ar методом проводилось на масс-спектрометре Micromass 5400, содержание калия при K-Ar датировании, определялось на рентгенофлуоресцентном спектрометре CPM-18, содержание радиоактивного аргона выполнено на масс-спектрометре МИ-1330; были привлечены биостратиграфические и нефтехимические исследования. **Результаты.** На основе этих и ранее полученных предшественниками и нами данных выполнено построение геологической карты фундамента Юганско-Колтогорской зоны центральной части Западно-Сибирской плиты в масштабе 1 : 500 000. Карта представляет собой комплект информационных геологических, геофизических и других слоев. Установлено, что возраст гранитов раннепермский, базальты рифтовых зон начали формироваться 268.4 ± 7.5 млн лет назад (по данным Ar-Ar метода). **Выводы.** Установлено, что вулканизм в осевых рифтовых зонах фундамента Западно-Сибирского мегабассейна начался раньше, чем это считалось ранее, и значительно раньше трапповых базальтов Сибирской платформы.

**Ключевые слова:** Западно-Сибирский бассейн, доюрский фундамент, тектоника, нефтегазоносность, U-Pb, Ar-Ar возраст, геохимия, пермотриасовые базальты, минералогия

## GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE PRE-JURASSIC BASEMENT OF THE YUGANSK-KOLTOGORSK ZONE OF THE WEST SIBERIA

Kirill S. Ivanov, Stepan V. Berzin, Nadezhda V. Vakhrusheva, Nikolai P. Kostrov,  
Olga E. Pogromskaya

A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, 15 Akad. Vonsovsky st., Ekaterinburg  
620016, Russia, e-mail: ivanovks@igg.uran.ru

Received 24.07.2017, accepted 19.09.2017

**Subject of the study.** We have carried out an additional exploration on petrography, petrochemistry, geochemistry, geochronology and biostratigraphy of rock complexes of the Yugansk-Koltogorsk (central part of West Siberia). **Materials and methods.** The materials are core samples from wells that penetrated the Pre-Jurassic basement rock complexes. The used methods are as follows: X-ray spectrum microanalysis (Cameca SX 100, JEOL-733 Superprobe); the silicate analysis of the rocks (CPM-18 and EDX-100); mass-spectroscopy with inductively coupled plasma (ICP-MS) (ELAN-9000 and Element2); zircons were analysed with a high resolution ionic microprobe SHRIMP-II (U-Pb); Ar-Ar dating was carried out by Micromass 5400; biostratigraphy, petrochemistry. **Results.** A geological map of Yugan-Koltogor zone of the central part of West-Siberian plate in a scale 1:500 000 was created. The map is a set of informational geological, geophysical and other layers. It was established that age of granites is Early Permian, the basalts of the rift zone began to form 268.4 ± 7.5 Ma ago (Ar-Ar). **Conclusions.** Volcanism in the axial rift zones of the West-Siberian megabasin basement began earlier than it is supposed before our study and significantly earlier of that of trap basalts of Siberian platform.

**Keywords:** West-Siberian basin, Pre-Jurassic basement, tectonics, oil and gas bearing, U-Pb, Ar-Ar age, geochemistry, Permian-Triassic basalts, mineralogy

**Для цитирования:** Иванов К.С., Берзин С.В., Вахрушева Н.В., Костров Н.П., Погромская О.Э. (2018) Геологическое строение доюрского основания Юганско-Колтогорской зоны Западной Сибири. *Литосфера*, 18(6), 839-858. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-6-839-858

**For citation:** Ivanov K.S., Berzin S.V., Vakhrusheva N.V., Kostrov N.P., Pogromskaya O.E. (2018) Geological structure of the Pre-Jurassic basement of the Yugansk-Koltogorsk zone of the West Siberia. *Litosfera*, 18(6), 839-858. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-6-839-858

### Acknowledgements

The authors are very grateful to V.A. Volkov, A.V. Tugoreva and N.P. Yakovleva from V.I. Shpilman NAC RN (Tyumen–Khanty-Mansiysk) and colleagues from the IGG, UB RAS Yu.V. Erokhin, A.Z. Bikbaev, M.P. Snigireva and T.I. Stepanova for the help, support and discussion of the results. We thank the specialists N.V. Radionova from TsII VSEGEI, A.V. Travin from the IGM, SB RAS and analysts of the laboratory of FKhMI IGG, UB RAS V.V. Hiller, D.V. Kiseleva, N.V. Cherednichenko, N.P. Gorbunova.

*The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation Basic Research in the framework of the research project No. 16-05-00041.*

## ВВЕДЕНИЕ

Юганско-Колтогорская зона расположена в южной части Колтогорского рифта в широтном Приобье в центральной части Западно-Сибирского нефтегазового мегабассейна. Породы фундамента (а точнее – доюрского основания, т.е. комплексы палеозоя и триаса) залегают здесь на глубинах 2600–3300 м, перекрытые мезокайнозойским осадочным чехлом. Нами проводилось комплексное доизучение петрографии, петрохимии, геохимии, геохронологии, биостратиграфии и других пород Юганско-Колтогорской зоны по керну скважин, вскрывших доюрское основание. На базе новых и ранее полученных предшественниками (в первую очередь Л.В. Смирновым) и нами [Конторович и др., 1975; Сурков, Трофимук, 1986; Елкин и др., 2001; Казаков и др., 2002; Бочкарев и др., 2003; Медведев и др., 2003а, 2003б; Сурков, Смирнов, 2003; Федоров и др., 2004; Иванов и др., 2005, 2007, 2009; Костров и др., 2005; Клец и др., 2007; Ананьева и др., 2008; и др.] данных выполнено построение геологической карты фундамента Юганско-Колтогорской зоны масштаба 1 : 500 000. Использовано программное обеспечение ArcView, карта представляет собой комплект информационных геологических, геофизических и других слоев, накладывающихся друг на друга и скомпонованных в единый ГИС-проект (рис. 1).

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

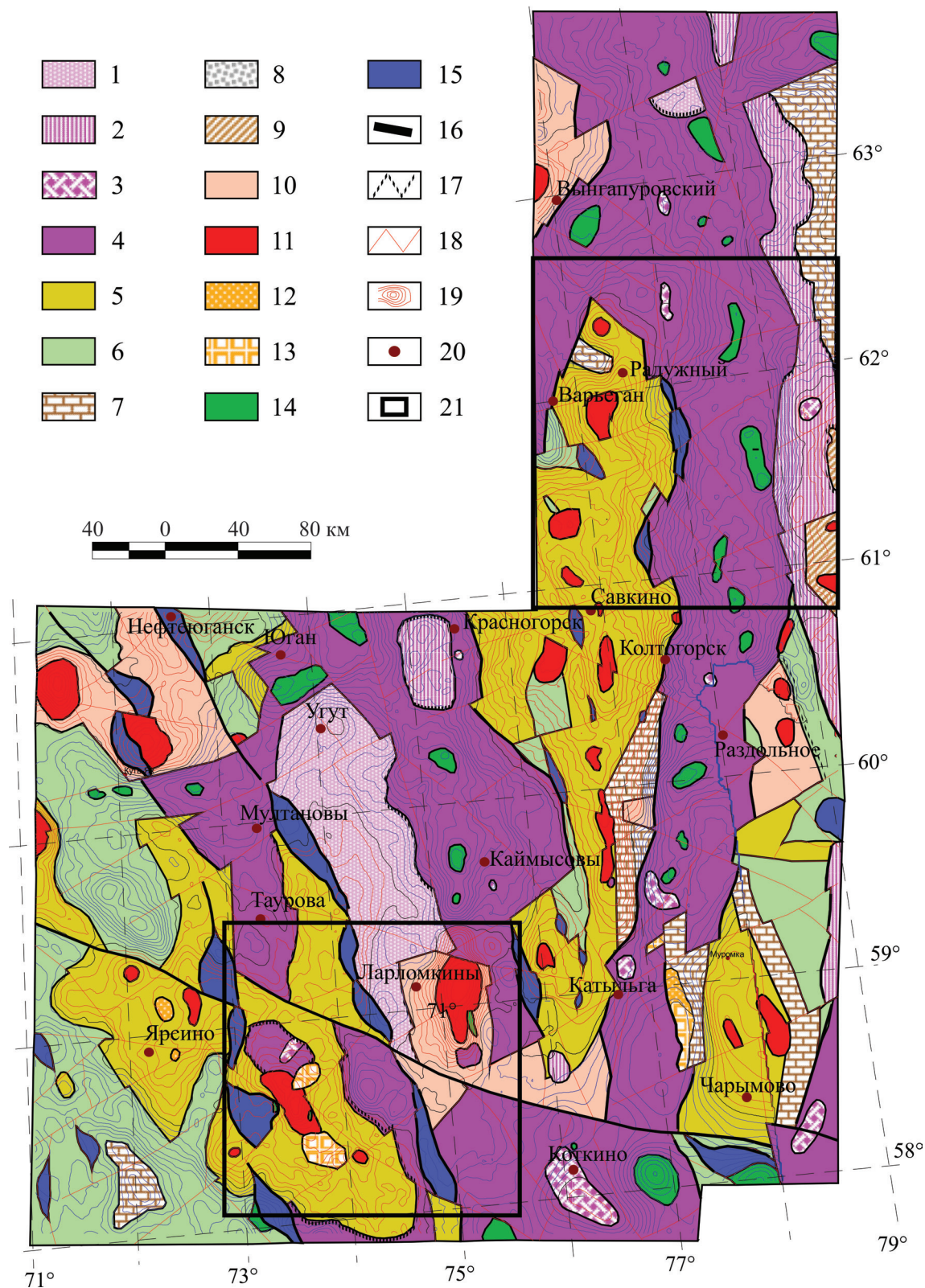
Изучение керна глубоких скважин проводилось в ИГГ УрО РАН. Химический состав минералов изучен методом рентгеноспектрального микроанализа на приборах CAMECA SX 100 (аналитик В.В. Хиллер), JEOL-733 Superprobe и др. Силикатный анализ пород проведен рентгеноспектральным методом на приборе EDX-100 (аналитик Н.П. Горбунова). Геохимические характеристики пород получены методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) на приборах ELAN-9000 и Element2 (аналитик Д.В. Киселева, а также группа Ю.Л. Ронкина). U-Pb датирование единичных кристаллов циркона осуществлялось на ионном микрозонде SHRIMP-II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ по методике [Williams, 1998; Larionov et al., 2004]. Зерна цир-

кона, отобранные вручную при помощи оптического микроскопа, помещались в эпоксидную матрицу совместно со стандартными цирконами 91500 и TEMORA. Датирование проб Ar-Ar методом проводилось в ИГМ СО РАН (г. Новосибирск) на масс-спектрометре Micromass 5400. K-Ar датирование производилось в ИГГ УрО РАН. Содержание калия определялось на рентгенофлуоресцентном спектрометре СРМ-18. Содержание радиогенного аргона выполнено на масс-спектрометре МИ-1330 с использованием трассера, обогащенного изотопом <sup>38</sup>Ar. При расчете возрастов использованы константы, принятые в 1976 г.

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЮГАНСКО-КОЛТОГОРСКОЙ ЗОНЫ

Изученная территория (см. рис. 1) на уровне доюрского основания по существу состоит из двух отдельных структурно-формационных зон – более восточной Колтогорской и Юганской. Колтогорская зона представлена главным (срединным) триасовым рифтом Западной Сибири (Колтогорским) и его бортами, выполненными главным образом палеозойскими, преимущественно терригенными и терригенно-карбонатными комплексами. Юганская зона состоит в основном из палеозойских вулканогенно-осадочных, а также терригенных и карбонатных образований, на которые также наложены два грабен-рифта пермско-раннетриасового возраста. Меньший из них западный – Тауровский (назван по пос. Таурова), непосредственно западнее которого пробурена глубокая скважина Тауровская Р-503, вскрывающая вулканиты рифта. Более восточный – Каймысовский (назван по пос. Каймысовы) – грабен-рифт сочленяется на севере изученного района с главным Колтогорским рифтом. Каймысовский грабен-рифт, севернее и северо-восточнее которого вулканиты вскрыты глубокими скважинами Гуслинская Р-430 и Западно-Чистинная Р-501.

Судя по резкой смене литологии комплексов пород и характеру физических полей (матриц геодинамической модели в особенности), следует считать, что все субмеридиональные контакты между структурно-формационными зонами в пределах изучавшегося региона являются тектоническими.



**Рис. 1.** Геологическая карта доюрского основания Юганско-Колтогорской зоны Западной Сибири (составители К.С. Иванов, Н.П. Костров).

1 – верхний триас, песчаники; 2 – средний триас, базальты, песчаники; 3 – нижний триас–низы среднего триаса, липариты, базальты; 4 – верхняя пермь–нижний триас, базальты; 5 – верхний девон–нижний карбон, глинистые и кремнистые сланцы; 6 – верхний девон, андезиты, базальты, их туфы, подчиненные пачки песчаников и известняков; 7 – сред-

ний–верхний девон, известняки, доломиты с подчиненными пачками песчаников; 8 – девон нерасчлененный, кремнисто-терригенно-черносланцевая толща; 9 – средний палеозой, терригенно-карбонатная толща с подчиненными прослоями эффузивов основного состава; 10 – метаморфические образования, сланцы амфибол-мусковитовые, амфибол-слюдисто-кварцевые, серицит-хлорит-флюбитовые и др.; 11 – граниты; 12 – гранодиориты; 13 – кварцевые диориты, диориты; 14 – габбро, габбро-долериты; 15 – ультрабазиты серпентинизированные; 16 – глубинные разломы и региональные зоны рас-сланцевания; 17 – несогласное залегание; 18 – разломы; 19 – аномальное гравитационное поле; 20 – населенные пункты; 21 – участки моделирования.

**Fig. 1.** Geological map of the pre-Jurassic basement of the Yugansk-Koltogorsky zone of Western Siberia (by K.S. Ivanov and N.P. Kostrov).

1 – Upper Triassic, sandstones; 2 – Middle Triassic, basalts, sandstones; 3 – Lower Triassic lower part of Middle Triassic; 4 – Upper Permian–Lower Triassic, basalts; 5 – Upper Devonian–Lower Carboniferous, clay and siliceous shales, sandstones, gravelstones, conglomerates; 6 – Upper Devonian, andesites, basaltes, their tuffs, subordinate packs of sandstones and limestones; 7 – Middle–Upper Devonian, limestones and dolomites with subordinate packs of sandstones; 8 – undifferentiated Devonian, siliceous-terrigenous-black shale strata; 9 – Middle Paleozoic undifferentiated, terrigenous-carbonate strata with subordinate interlayers of basite effusive; 10 – metamorphic formations, amphibole-muscovite, amphibole-mica-quartz, sericite-chlorite-albite schists, etc.; 11 – granites; 12 – granodiorites; 13 – quartz diorites, diorites; 14 – gabbro, gabbro-dolerites; 15 – serpentinous ultrabasic; 16 – deep faults and regional schist zones; 17 – disagreements; 18 – Faults; 19 – abnormal gravitational field; 20 – settlements; 21 – the sites of modeling.

В основании стратифицированных образований региона залегают **метаморфические породы**, обычно считающиеся докембрийскими. Среди них преобладают кварц-серицитовые, серицит-кварцевые, альбит-хлорит-кварцевые, а также хлорит-альбитовые и другие сланцы, образованные в условиях низов зеленосланцевой фации. Эти метаморфиты слагают в пределах карты обычно субизометричные блоки неправильной формы, ограниченные разломами и часто вмещают массивы гранитов.

Можно предполагать, что расположение метаморфических комплексов в бортах грабенных не случайно, а вызвано подъемом этих несколько более глубинных пород (образованных глубже 10 км – в средней части земной коры) при растяжении и разрыве континентальной коры в ходе рифтогенеза. Наибольшую интенсивность этот процесс имел в раннем триасе. Именно этим объясняется постоянная пространственная связь метаморфических образований с триасовыми вулканитами в пределах нашей геологической карты. Таким образом, вероятно, возраст, по крайней мере, одного из этапов метаморфизма этих пород близок к возрасту гранитоидов (т.е., возможно, каменноугольный), а время тектонической эксгумации (подъема на уровень верхней коры) – раннетриасовое.

**Средний палеозой нерасчлененный**, представлен терригенно-карбонатной толщей с подчиненными прослоями эффузивов.

**Средний–верхний девон** состоит из известняков, доломитов с подчиненными пачками песчаников и глинистых сланцев. Эта мелководная (шельфовая) толща имеет мощность более 400 м и широко развита на изучаемой территории. Карбонатные и терригенно-карбонатные отложения вскрыты достаточно многочисленными скважинами, в отдельных из которых (их список ниже) нам удалось сделать находки фауны. Ее латинские списки (и заключения о возрасте) далее даны раз-

дельно – по результатам изучения шлифов (заключения Т.И. Степановой) и исследований конодонтов в результате растворения карбонатных проб (заключения канд. геол.-мин. наук. М.П. Снигиревой и А.З. Бикбаева).

Результаты изучения микрофауны в шлифах из скважин

*Верхне-Колтогорская-2.* Доюрское основание вскрыто в интервале 2981–3009 м. Представлено серыми и темно-серыми известняками с подчиненными прослоями черных углисто-кремнисто-глинистых сланцев, угол падения слоистости 70–80°. Обр. ВКОЛ-2 (2 шлифа).

*Квартовое месторождение.* Скв. 8. Палеозой в интервале 3052–3150 м представлен однотипными массивными светло-серыми известняками (керна малого диаметра). Обр. КВА-8 (3 шлифа).

*Сутыгинская-1.* Палеозой в интервале 3159–3200 м (выход керна 1.5 м). Серые известняки. СУТ 1/3189 (5 шлифов).

*Хвойное-1р.* Палеозой вскрыт в интервале 3146–3164 м. Весь этот интервал (кроме 3154–3159 м) сложен серыми, частично перекристаллизованными и доломитизированными известняками. В интервале 3154–3159 м слабо сцементированная брекчия из обломков хлоритизированных и серпентинизированных пород размером 1–7 мм в глинисто-карбонатном цементе. ХВО 1/3.

*Южно-Матюшкинское № 40.* Палеозой, с глубины 3008 м и до забоя на глубине 3111.6 (выход керна 6.5 м), представлен однотипными серыми массивными тонкозернистыми известняками. Обр. ЮМА 40 (5 шлифов).

Определение микрофауны в шлифах:

ЮМА	<i>Vicinesphaera</i> spp.
40/3025	<i>Ivanovella</i> cf. <i>tomskensis</i> Zador. et Juf.
	<i>Caligella</i> sp.
	<i>C. gracilis</i> Reitl.
	<i>Paratikhinella</i> cf. <i>cannula</i> (Byk.)
	Водоросли <i>Girvanella</i> sp.

ЮМА 40/3032	<i>Uralinella</i> cf. <i>bicamerata</i> Byk. <i>Caligella</i> sp. – мелкие формы <i>C. gracilis</i> Reith. <i>C. borovkensis</i> Antr.
ЮМА 40/3035	<i>Vicinesphaera</i> spp. <i>Cribrosphaeroides</i> (?) sp. <i>Caligella</i> ex gr. <i>gracilis</i> Reith. <i>Paratikhinella</i> cf. <i>cannula</i> (Byk.) <i>Tikhinella</i> cf. <i>measpis</i> Byk.
ЮМА 40/3042	<i>Vicinesphaera</i> spp. <i>Caligella gracilis</i> Reith. <i>C. ex gr. antropovi</i> (Lip.) <i>Paratikhinella</i> sp.
ЮМА 40/3090	<i>Caligella</i> sp.
Возраст ЮМА 40 – верхний девон, франский ярус (по присутствию представителей подсемейства Paratikhinellinae)	
ВКОЛ 2/2988	Строматопороидеи
ВКОЛ 2/2992	Органических остатков, определяющих возраст, не обнаружено Фрагменты мшанок
ХВО 1/3152	Органических остатков, определяющих возраст, не обнаружено Строматолиты
ХВО 1/3162	<i>Parastegnammina</i> (?) sp. Предположительно средний–верхний девон
КВА 8/3064	<i>Parathuramminites</i> sp. <i>P. paulis</i> (Byk.) <i>P. paracushmani</i> (Reith.) <i>Parathurammina dagmarae</i> Sul. <i>Vicinesphaera squalida</i> Antr. <i>Uralinella</i> sp. <i>Neoarchaesphaera</i> cf. <i>bykovaе</i> M.-Macl. <i>Eotuberitina reitlingerae</i> M.-Macl. <i>E. praecepia</i> Tchuv. Tubeporininae Водоросли <i>Issinella devonica</i> Reith.
КВА 8/3117	<i>Parathuramminites</i> sp. <i>P. obnatus</i> (Tchuv.) <i>Parathurammina</i> sp. <i>P. ex gr. crassithecа</i> Antr. <i>Archaeosphaera minima</i> Sul. <i>Arch. magna</i> Sul. <i>Vicinesphaera parva</i> Reith. <i>Eotuberitina praecepia</i> Tchuv. <i>Tubeporella</i> sp. Водоросли <i>Issinella</i> sp.
КВА 8/3145	<i>Radiosphaera basilica</i> Reith. <i>Parathuramminites</i> sp. <i>Parathurammina</i> cf. <i>irregulariformis</i> Zador. et Juf. <i>P. ex gr. dagmarae</i> Sul. <i>Archaeosphaera grandis</i> Lip. <i>Vicinesphaera squalida</i> Antr. <i>Neoarchaesphaera</i> cf. <i>bykovaе</i> M.-Macl. <i>Tubeporella</i> sp. Водоросли <i>Issinella</i> sp.
Возраст КВА 8 – верхний девон, предположительно нижняя часть фаменского яруса	

# Результаты обработки конодонтовых проб по скважинам

1. Скважина *Верхне-Колтогорская-2*, обр. ВКОЛ 2/2988 м, пробы КС1 (масса 1.26 кг), КС9 (масса 0.2 кг); ВКОЛ2/2992 м, проба КС5 (масса 0.33 кг). *Литологическая характеристика*. Все образцы представлены интенсивно метаморфизованной черносланцево-карбонатной породой. В нерастворимом остатке присутствуют в большом количестве полностью замещенные кремнеземом фрагменты разнообразных мшанок, раковинный материал разнообразных остракод. В пробе КС5 установлен единственный экземпляр *Tentaculites* sp., также замещенный кремнеземом.

Проба КС1 – 1 экз. *Panderodus* sp. Проба КС5 – 1 экз. *Panderodus* sp.

2. Скважина *Хвойное 1р*, обр. ХВО 1, интервал 3152 м. Проба КС2 (масса 0.94 кг).

Конодонты: *Polygnathus* sp. (фрагмент задней части платформы), морфологически сходный с полигнатидами групп *P. brevilaminus* – *P. breviformis* – *P. angustidiscus*; *Belodella* sp. (фрагмент). Возраст: верхний девон, франский ярус.

Интервал 3162 м. Проба КС2а (масса 0.36 кг). Конодонтов нет.

3. Скважина *Сутыгинская 1/3* 186 м. Пробы КС3 (масса 0.5 кг) и КС10 (масса 0.2 кг). Известняк серый, темно-серый. Конодонты: *Acodina* sp. (1 ювенильный экземпляр); S-элемент конодонтов рода *Icriodus*, два неопределенных фрагмента рамиформных элементов конодонтов. Возраст – девон, вероятнее всего, нижний–средний.

Таким образом, независимые определения возраста по конодонтам и микрофауне в шлифах подтверждают и дополняют друг друга.

**Вулканогенный верхний девон** представлен толщей, сложенной преимущественно андезитами, базальтами и их туфами, которые широко развиты на изучаемой площади, особенно в западной части Юганской зоны. Вулканиты среднего–верхнего девона представлены преимущественно зеленокаменно-измененными долеритами, с реликтовой тонкозернистой, равномерно-зернистой офиитовой и гранулоофиитовой структурами, практически не измененными долеритами и вмещают тела габбро-долеритов.

Вулканиты верхнего девона представлены порфировыми оливиновыми базальтами, андезибазальтами, андезитами и их туфами. По составу изученные образцы вулканитов соответствуют базальтам и андезитам нормальной щелочности низкокальциевой и умереннокальциевой серий. В табл. 1 приведен состав базальтов из скв. Малополуденная-497. Данные вулканиты характеризуются умеренными содержаниями  $TiO_2$  (0.74–0.98 %), пониженной железистостью ( $f = 0.41–0.47$ ) и пологим трендом распределения РЗЭ с незначительным обогащением легкими лантаноидами.

**Таблица 1.** Химический (мас. %) и микроэлементный (г/т) состав вулканитов верхнего девона Юганско-Колтогорской зоны**Table 1.** Chemical (wt %) and element (ppm) composition of the Upper Devonian basalts of the Yugansk-Koltogorky zone

Компонент	Скв. Малополюденная-497		Компонент	Скв. Малополюденная-497	
	2917 м	2940 м		2917 м	2940 м
SiO <sub>2</sub>	47.87	56.43	Nb	3.499	3.422
TiO <sub>2</sub>	0.98	0.74	Mo	0.238	0.432
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.58	12.11	Ag	0.088	0.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.76	5.60	Cd	0.028	0.073
FeO	4.60	3.20	Sn	0.67	0.777
MnO	0.15	0.12	Sb	0.728	0.571
MgO	8.03	5.23	Te	0.012	0.012
CaO	4.39	10.11	Cs	0.764	0.105
Na <sub>2</sub> O	3.49	1.78	Ba	667.54	117.27
K <sub>2</sub> O	1.16	0.05	La	6.075	6.756
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.11	Ce	16.258	16.402
П. п. п.	4.80	4.60	Pr	2.269	2.315
Сумма	99.99	100.07	Nd	10.616	10.434
Li	16.558	8.459	Sm	2.578	2.583
Be	0.421	0.628	Eu	0.799	0.801
Sc	20.938	18.302	Gd	2.532	2.497
Ti	5028.3	4174.2	Tb	0.368	0.378
V	142.667	158.75	Dy	2.166	2.291
Cr	55.389	71.643	Ho	0.426	0.468
Mn	843.39	702.67	Er	1.192	1.356
Co	25.98	24.655	Tm	0.157	0.195
Ni	37.872	33.985	Yb	1.012	1.281
Cu	9.305	26.133	Lu	0.148	0.196
Zn	83.524	50.502	Hf	2.326	2.292
Ga	16.873	23.229	Ta	0.784	1.219
Ge	0.979	2.212	W	0.382	0.224
Rb	23.188	0.601	Tl	0.164	0.014
Sr	463.63	125.86	Pb	2.051	3.656
Y	10.148	10.549	Bi	0.01	0.022
Zr	59.583	67.563	Th	0.857	1.573
			U	0.637	1.043

ми. При нормировании по примитивной мантии в них наблюдаются минимумы по Rb, Th, Nb и максимумы по Pb, Sr, U. В целом по геохимическим характеристикам они близки к островодужным вулканитам.

Вулканиты верхнего девона–нижнего карбона, вскрытые скважиной Медвежья-20 (3086–3109.2 м), представлены зеленокаменно-измененными порфировыми базальтами с вкрапленниками плагиоклаза и редкими миндалинами, выполненными сноповидным и пятнистым агрегатом хлорита.

Вулканиты, вскрытые скважиной Восточно-Ларломкинская Р-8, соответствуют андезитам и андезидацитам нормальной щелочности ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 1.05\text{--}3.28\%$ ) умереннокалиевой серии. Они характеризуются невысокими содержаниями  $\text{TiO}_2$  (0.40–0.54%), низкой железистостью ( $f = 0.33\text{--}0.50$ ) и пологим спектром распределения РЗЭ. При нормировании по примитивной мантии в них наблюдаются минимумы по Nb, Zr, Р и максимумы по Cs, U, Pb, Zr.

**Осадочные отложения верхнего девона–нижнего карбона** представлены глинистыми и кремнистыми сланцами, песчаниками, гравелитами и конгломератами, широко развитыми в западной и средней частях Юганской зоны и в бортах Колтогорского рифа, особенно в западном. Мощность формации не менее 500 м.

**Вулканиты перми–нижнего триаса** закартированы примерно на половине площади доюрского фундамента Юганско-Колтогорской зоны. Они выполняют крупные рифтовые зоны, пересекающие палеозойский фундамент преимущественно в субмеридиональном направлении и разделяющие палеозойские комплексы пород на отдельные тектонические блоки. В пределах рассматриваемой площади пермско-раннетриасовые вулканиты вскрыты скважинами Гуслинская Р-430 (3398–3439.5 м), Западно-Чистинная-501 (3429–3600 м), Ново-Ютымская-49 (3010–3015 м), Панковская-1 (2810–2850 м), Саймовская-1 (3439–4008 м), Северо-Турьяхская-41 (2745–2780.1 м),

Тауровская-503 (3141–3200 м), Ледовая-1 (3065.7–3083.9 м), Западно-Чистинная-501 и -502, Травяная Р-90 (2710.8–2723 м), Южно-Махнинская Р-4.

В керне данных скважин наблюдаются в различной степени зеленокаменно-измененные редкопорфировые, либо афировые, базальты. Так, в керне скв. Западно-Чистинная-502 наблюдаются базальты и долериты (рис. 2), имеющие массивную или миндалекаменную текстуру, офитовую структуру. Базальты состоят из плагиоклаза, пироксена, редко – измененного оливина, вулканического стекла, вторичных и рудных минералов. Плагиоклаз во вкрапленниках соответствует лаб-

радору ( $An_{54-60}$ ). Лейсты и таблитчатые зерна плагиоклаза нередко имеют зональное строение. Для отдельных индивидов характерна кайма, соответствующая по составу андезину-олигоклазу. Клинопироксен образует, как правило, ксеноморфные зерна разного размера, имеющие очень слабую буроватую окраску (пижонит и/или титанавгит). В некоторых случаях он замещается карбонатом и хлоритом. В базальтах отмечается около 20% вулканического стекла, замещаемого палагонитом. Рудный минерал представлен магнетитом и/или ильменитом, а также рутилом, встречающимся в виде игольчатых зерен или тонкозер-

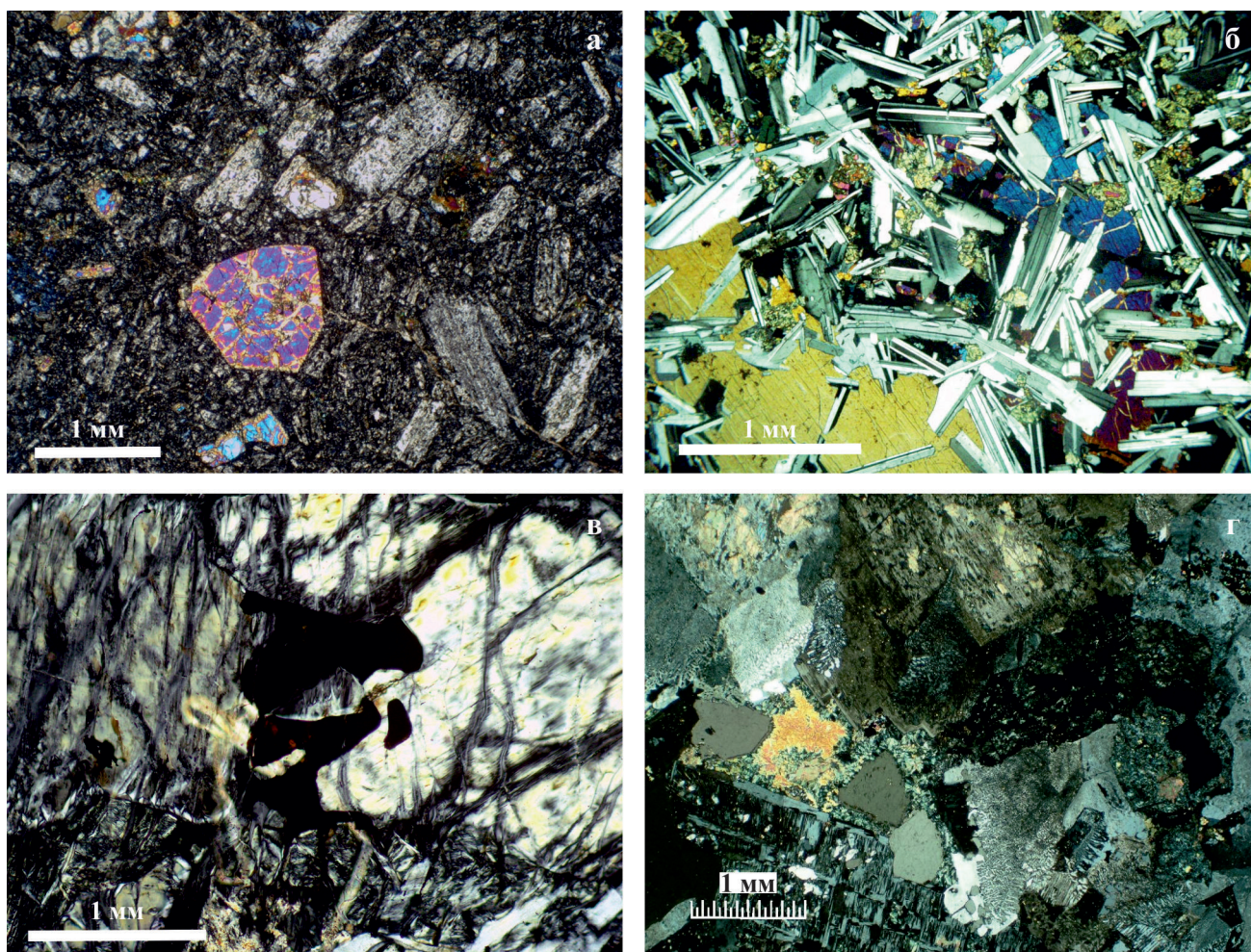


Рис. 2. Структура пород из фундамента Западно-Сибирского бассейна.

а – оливиновый андезибазальт верхнего девона, скв. Малополюденная-497, 2917 м; б – долерит офитовой структуры перми–нижнего триаса, скв. Западно-Чистинная Р-502, 3357 м; в – гарцбургит, интенсивно серпентинизированный скв. Лыхская Р-70, 2710 м; г – гранодиорит, скв. Северо-Пионерская-1, 3236 м. Фото шлифов в проходящем свете: а, б, г – с анализатором, в – без анализатора.

Fig. 2. Structure of rocks from the basement of the West Siberian basin.

а – Upper Devonian olivine andesibasalts, borehole Malopoludennaya-497, depths of 2917 m; б – Permian–Lower Triassic ophiitic dolerite, borehole Zapadno-Chistinnaya R-502, depths of 3357 m; в – intensely serpentinized harzburgite, borehole Lykhsкая R-70, depths of 2710 m; г – Granodiorite, borehole Severo-Pionerskaya 1, depths of 3236 m. а, б, г – transmitted light with analyzer, в – transmitted light.

нистой вкрапленности в интерстициях плагиоклаза и пироксена.

Состав минералов пермско-раннетриасовых вулкаников наиболее детально изучен в образцах из скв. Гуслинская-430. Здесь в относительно свежих разностях базальтов плагиоклаз представлен андезином-лабрадором № 47-70, в зеленокаменно-измененных базальтах – практически чистым альбитом. Клинопироксен по составу отвечает авгиту. В нем присутствуют постоянные примеси, мас. %:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 1.2–2.9,  $\text{TiO}_2$  – 0.6–1.4,  $\text{MnO}$  – 0.26–0.52 и  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0.3–0.4. В зеленокаменно-измененных разностях присутствует хлорит, соответствующий по составу шамозиту. Ильменит содержит незначительные примеси  $\text{MnO}$  (0.4–1.9) и  $\text{MgO}$  (0.2–0.7%). В поствагматическом кальците отмечены примеси  $\text{FeO}$  (2.06),  $\text{MnO}$  (3.4) и  $\text{MgO}$  (0.59%). В одном из образцов установлен сидерит, содержащий существенные примеси  $\text{MgO}$  (9.3–10.1) и  $\text{CaO}$  (3–4%).

Акцессорная хромовая шпинель была установлена в образцах пермтриасовых базальтов из скв. Западно-Чистинная-501 с глубины 3428 и 3438 м [Берзин и др., 2017]. Хромовая шпинель представлена отдельными идиоморфными зернами размером 5–30 мкм. В хромовых шпинелях содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  24–49 %,  $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) = 0.54–0.65$ ,  $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg}) = 0.50–0.99$ . Почти все анализы попадают на классификационной диаграмме в поле составов хромита, некоторые – на границу по-

лей составов хромита и магнетита. В двух анализах (табл. 2, ан. 55, 56) в минерале наблюдается значительная примесь  $\text{ZnO}$  до 9.8 и 13.4% соответственно, что в целом не характерно для хромовой шпинели из базальтов, а также повышенное содержание оксида титана – 15 и 18% соответственно. На диаграмме  $\text{TiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3$  (рис. 3) с полями составов хромовых шпинелей из базальтов различных геодинамических обстановок, по данным [Kamenetsky et al., 2001], изученные хромовые шпинели тяготеют к полю составов базальтов трапповых провинций и частично попадают в поле базальтов океанических островов; наиболее высокотитанистые составы шпинелида по соотношению содержаний  $\text{TiO}_2$  и  $\text{Fe}^{3+}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$  соответствуют базальтам островных дуг [Barnes, Roeder, 2001].

В табл. 3 и 4 приведен химический и микроэлементный состав некоторых представительных образцов пермтриасовых базальтов из изученных нами скважин. Исследованные вулканики относятся к толеитовым базальтам, андезибазальтам и, реже, андезитам нормальной щелочности ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 1.05–3.28\%$ ) низкокалиевой и умереннокалиевой серий. Одна проба (скв. Ново-Ютымская-46, глубина 2711 м) представлена умеренно-щелочным высококалиевым ( $\text{K}_2\text{O} = 2.47\%$ ) андезитом. Вулканики характеризуются несколько повышенными содержаниями  $\text{TiO}_2$  (1.0–3.1%) и средней железистостью ( $f = 0.44–0.72$ ). Присутствуют также вы-

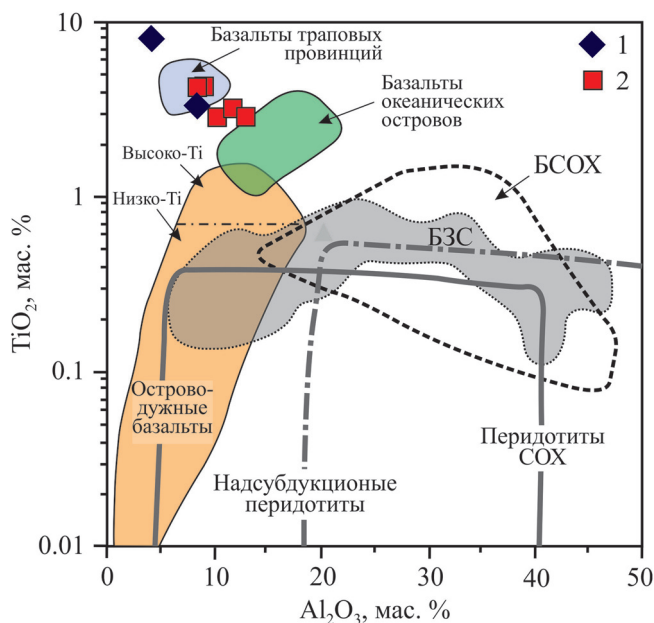
**Таблица 2.** Состав хромовой шпинели из базальтов скв. Западно-Чистинная-501, мас. %

**Table 2.** Chemical composition of the chromite from Permian-Triassic basalts of the hole Zapadno-Chistinskaya-501, wt %

Компонент	Обр. 3-Чи-501/3428			Обр. 3-Чи-501/3438						
				Номер анализа						
	35	37	38	50	51	52	53	54	55	56
$\text{SiO}_2$	0.13	0.20	0.11	1.03	0	0.45	0	0.18	0.15	0
$\text{TiO}_2$	3.25	0	7.74	2.82	2.81	4.13	4.24	3.15	18.03	14.83
$\text{Al}_2\text{O}_3$	8.25	0.54	3.98	12.71	10.16	8.23	8.92	11.54	4.91	3.75
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	30.13	31.49	24.42	38.06	38.89	34.75	37.87	39.91	13.52	26.73
$\text{V}_2\text{O}_3$	1.09	0.20	0.90	0.74	0.92	1.16	1.05	1.02	1.47	1.99
$\text{FeO}^*$	48.79	57.36	52.86	36.70	40.74	44.21	39.28	33.93	45.03	39.26
$\text{MnO}$	0.43	1.71	0.30	0.27	0	0.38	0.30	0.27	0	0.29
$\text{MgO}$	3.53	0.93	0.11	4.87	3.29	2.33	5.19	6.88	0.02	0.05
$\text{ZnO}$	0	1.35	2.67	0	0.27	0.36	0	0	13.42	9.77
Сумма	95.83	93.90	93.08	97.34	97.31	96.02	96.96	97.05	96.63	96.66
Формульные коэффициенты (в пересчете на 3 катиона)										
Ti	0.09	0	0.23	0.07	0.07	0.11	0.11	0.08	0.52	0.43
Al	0.35	0.02	0.18	0.52	0.42	0.35	0.37	0.47	0.22	0.17
Cr	0.86	0.96	0.75	1.05	1.09	1.00	1.05	1.09	0.41	0.81
V	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.06
Fe	1.47	1.86	1.72	1.07	1.21	1.35	1.16	0.98	1.43	1.25
Mn	0.01	0.06	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0	0.01
Mg	0.19	0.05	0.01	0.25	0.17	0.13	0.27	0.35	0	0
Zn	0	0.04	0.08	0.00	0.01	0.01	0	0	0.38	0.28

Примечание. Здесь и далее  $\text{FeO}^*$  – сумма двух- и трехвалентного железа в пересчете на двухвалентное.

Note. Here in after,  $\text{FeO}^*$  is the sum of  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  in terms of  $\text{FeO}$ .



**Рис. 3.** Положение точек составов хромовой шпинели из пермотриасовых базальтов Западной Сибири (скв. Западно-Чистинная-501) на диаграмме с полями составов для шпинели из вулканитов различных геодинамических обстановок, а также из перидотитов зон СОХ и из надсубдукционных перидотитов, по [Kamenetsky et al., 2001].

1 – глубина 3428 м, 2 – глубина 3438 м. БСОХ – базальты срединно-океанических хребтов, БЗС – базальты зон задугового спрединга.

**Fig. 3.** The position of the points of the chromium spinel compositions from the Permian Triassic flood basalts of Western Siberia (borehole Zapadno-Chistinnaya-501) On the diagram with the fields of compositions for spinel from volcanics of various geodynamic settings, MOR peridotites and the suprasubduction peridotites, by [Kamenetsky et al., 2001].

1 – with depths of 3428 m, 2 – with depths of 3438 m. БСОХ – Mid-Oceanic Ridges Basalt, БЗС – Back-Arc Basins Basalt.

**Таблица 3.** Химический состав (мас. %) представительной выборки верхнепермско-раннетриасовых базальтов Юганско-Колтогорской зоны

**Table 3.** Chemical composition (wt %) of a representative sample of the Upper Permian–Early Triassic basalts of the Yugansk-Koltogorky zone

Компонент	Скв. Гуслин- ская-430	Скв. Западно-Чистинская-501					Скв. Ново- Ютымская-46	Скв. Травя- ная Р-90	Скв. Южно- Махнинская Р-4	Скв. Влади- ленское П-1
	3399 м	3424 м	3428 м	3430 м	3500 м	3011 м	2715 м	2639 м	3118 м	
SiO <sub>2</sub>	47.04	44.19	41.12	55.35	44.26	45.92	31.19	42.89	44.29	
TiO <sub>2</sub>	1.89	1.31	1.00	1.39	1.07	3.10	1.04	1.09	0.84	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.30	16.84	17.07	18.80	18.72	12.40	11.45	11.48	14.19	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.32	5.86	5.58	4.49	5.69	9.35	6.29	8.07	6.83	
FeO	3.50	5.60	4.10	3.90	4.10	6.30	8.80	6.00	5.20	
MnO	0.05	0.16	0.21	0.03	0.15	0.21	0.35	0.19	0.15	
MgO	5.01	5.73	4.79	4.24	6.56	7.71	4.04	10.52	4.78	
CaO	1.41	6.38	10.37	1.67	5.00	7.44	17.02	9.98	12.03	
Na <sub>2</sub> O	2.18	2.35	2.32	3.09	2.40	2.12	1.10	1.59	1.91	
K <sub>2</sub> O	0.49	0.11	0.13	0.23	0.11	0.59	0.20	0.09	0.14	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.59	0.32	0.26	0.32	0.14	0.47	0.37	0.00	0.30	
П. п. п.	6.20	11.10	13.00	6.40	12.00	4.50	18.00	8.00	9.30	
Сумма	99.98	99.95	99.96	99.93	100.19	100.11	99.85	99.91	99.95	

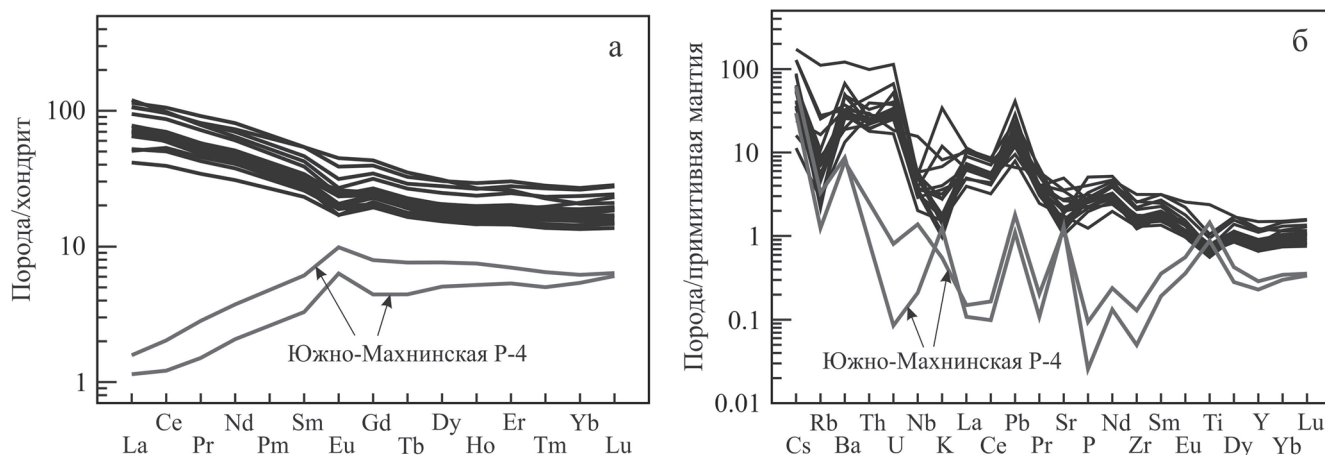
сокомагнезиальные (MgO = 13.6%) пикробазальты (скв. Южно-Махнинская Р-4). Для изученных вулканитов верхней перми–нижнего триаса характерны высокие значения потерь при прокаливании (4.5–18 мас. %), что связано, прежде всего, с их интенсивными гидротермальными преобразованиями, а также с карбонатизацией и пропилитизацией.

Для большинства проб пермско-нижнетриасовых вулканитов свойственны наклонные спектры распределения РЗЭ с обогащением легкими лантаноидами (нормировано по CI хондриту) (рис. 4а); наблюдается слабая отрицательная Eu-аномалия, сумма РЗЭ составляет 72–178 г/т. Исключением являются пикробазальты скв. Южно-Махнинская

Р-4, глубина 2633 и 2639 м, в которых наблюдается резкое обеднение легкими лантаноидами при общей пониженной сумме РЗЭ (7.7–11.9 г/т), а также положительная Eu-аномалия. На мультиэлементной диаграмме (с нормированием по примитивной мантии) (рис. 4б) наблюдаются минимумы по Rb, Nb, Sr, Zr, Ti и максимум по Pb и U. В целом по содержанию редкоземельных и редких элементов породы близки к составам пермотриасовых нормальнощелочных базальтов из фундамента Западной Сибири, по данным [Медведев и др., 2003; и др.], а также к триасовым базальтам Северососьвинского грабена [Батурина и др., 2005; Иванов и др., 2016].

**Таблица 4.** Микроэлементный состав (г/т) представительной выборки верхнепермско-раннетриасовых базальтов Юганско-Колтогорской зоны**Table 4.** Element composition (ppm) of a representative sample of the Upper Permian–Early Triassic basalts of the Yugansk-Koltogorky zone

Элемент	Скв. Гуслинская-430	Скв. Западно-Чистинская-501				Скв. Ново-Ютымская-46	Скв. Травяная Р-90	Скв. Южно-Махнинская Р-4	Скв. Владиленское П-1
	3399 м	3424 м	3428 м	3430 м	3500 м	3011 м	2715 м	2639 м	3118 м
Li	7.991	3.683	7.204	7.699	5.210	5.301	3.415	7.326	4.782
Be	1.114	0.711	0.493	0.404	0.371	1.188	0.747	0.080	0.406
Sc	36.06	19.66	28.68	28.46	31.45	33.66	26.96	42.12	26.16
Ti	7964	5574	5048	5284	4361	18030	4782	6701	3968
V	219.5	127.2	152.0	142.1	160.6	270.8	175.9	360.3	151.8
Cr	163.4	6.988	198.4	192.4	132.3	27.40	6.852	53.40	124.4
Mn	286.0	880.4	1102	184.2	811.7	1676	1780	1130	712.1
Co	32.95	31.00	24.84	41.04	27.88	32.54	25.51	42.75	37.93
Ni	43.21	25.33	35.34	47.72	29.62	20.01	27.25	49.50	97.76
Cu	17.20	23.17	14.08	19.04	14.36	84.68	19.65	17.33	30.54
Zn	74.90	101.9	51.36	56.30	57.84	92.60	121.4	33.99	75.32
Ga	18.86	13.25	11.51	13.24	12.34	20.51	9.282	13.27	11.91
Ge	1.178	0.806	0.864	1.145	0.918	1.723	1.131	1.384	0.824
Rb	15.55	1.569	2.507	4.286	2.743	9.158	3.914	1.849	1.083
Sr	166.5	139.8	178.2	103.4	156.6	320.3	246.2	116.5	467.7
Y	41.47	21.69	18.56	18.55	20.25	34.27	22.85	6.440	17.71
Zr	187.8	130.6	90.01	119.9	95.67	232.2	100.9	3.680	97.34
Nb	13.49	14.00	11.33	8.335	4.691	36.32	8.775	0.489	7.094
Mo	1.969	1.008	4.552	0.749	0.510	1.501	0.741	0.017	0.751
Ag	0.337	0.357	0.267	0.225	0.150	0.846	0.253	0.016	0.188
Cd	0.006	0.054	0.022	0.021	0.030	0.092	0.111	0.019	0.072
Sn	1.711	1.141	22.21	1.134	1.063	2.312	0.920	0.268	0.666
Sb	0.237	0.069	2.775	0.089	0.194	0.234	0.077	0.229	0.077
Te	0.007	0.000	0.008	0.002	0.010	0.007	0.011	0.008	0.012
Cs	0.898	0.079	0.246	0.234	0.588	0.169	0.112	0.434	0.398
Ba	205.1	83.84	186.0	191.4	180.9	203.7	119.4	54.69	251.3
La	27.13	16.29	15.56	15.37	9.837	25.34	16.76	0.271	18.58
Ce	64.55	38.88	36.57	36.68	23.98	58.78	36.22	0.742	41.25
Pr	8.681	5.077	4.802	4.810	3.252	7.720	4.550	0.143	5.192
Nd	37.87	21.41	20.27	20.23	14.36	34.09	19.04	0.968	21.22
Sm	8.268	4.529	4.417	4.345	3.541	8.246	4.072	0.503	4.246
Eu	2.243	1.146	1.127	1.125	0.988	2.595	1.090	0.367	1.250
Gd	8.097	4.665	4.225	4.211	3.967	8.851	4.209	0.910	4.100
Tb	1.215	0.714	0.626	0.656	0.656	1.310	0.660	0.166	0.622
Dy	7.694	4.455	3.935	4.081	4.419	7.865	4.365	1.286	3.916
Ho	1.656	0.953	0.825	0.866	0.973	1.517	0.972	0.295	0.844
Er	4.987	2.886	2.396	2.573	3.022	4.288	3.125	0.885	2.515
Tm	0.714	0.419	0.348	0.371	0.444	0.574	0.498	0.128	0.360
Yb	4.577	2.754	2.276	2.377	3.041	3.499	3.561	0.918	2.395
Lu	0.718	0.423	0.346	0.377	0.471	0.530	0.586	0.154	0.383
Hf	5.878	4.045	3.022	3.750	3.237	7.453	2.805	0.230	2.850
Ta	1.458	5.920	7.485	1.120	0.504	5.401	1.503	0.908	0.531
W	3.299	0.833	1.678	0.563	0.398	0.593	0.520	0.052	0.524
Tl	0.112	0.063	0.363	0.160	0.017	0.041	0.047	0.005	0.023
Pb	7.001	8.587	2.849	3.973	2.375	1.983	6.518	0.329	3.836
Bi	0.033	0.019	0.035	0.004	0.008	0.005	0.010	0.000	0.002
Th	5.571	3.385	2.285	2.693	2.156	3.538	2.605	0.000	1.672
U	3.129	1.220	1.224	1.537	0.789	0.869	2.443	0.004	1.085



**Рис. 4.** Спайдер-диаграммы распределения редкоземельных (а) и некогерентных (б) элементов в вулканитах перми–нижнего триаса Югано-Колтогорской зоны, нормированные соответственно по CI-хондриту и примитивной мантии, по [Sun, McDonough, 1989].

**Fig. 4.** REE spider diagram (a) and incoherent spider diagram (b) in Permian-Lower Triassic flood basalts of the Yugansko-Koltogorsky zone, normalized by the CI chondrite and the primitive mantle respectively, by [Sun, McDonough, 1989].

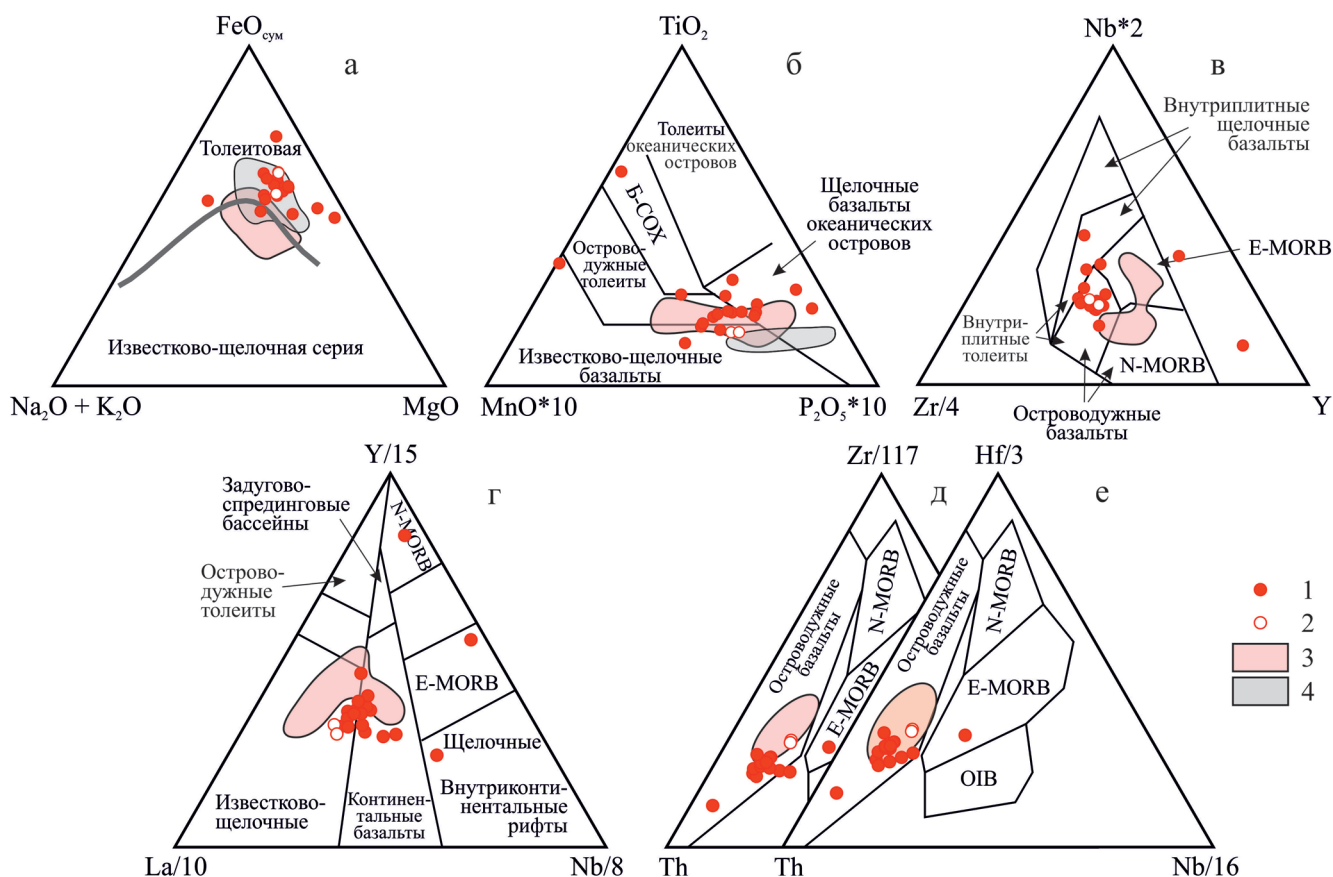
На дискриминационной диаграмме AFM [Kuno, 1968] точки составов изученных базальтов попадают в поле составов толеитов вблизи границы с полем известково-щелочных базальтов (рис. 5а). На диаграммах  $MnO-TiO_2-P_2O_5$  [Mullen, 1983] и  $Th-Zr/117-Nb/16$ ,  $Th-Hf/3-Nb/16$  [Wood, 1980] фигуративные точки группируются в областях составов островодужных базальтов (см. рис. 5б, д, е). На диаграмме  $Zr/4-Nb*2-Y$  [Meschede, 1986] большая часть точек попадает в поле островодужных и внутриплитных базальтов нормальной щелочности (см. рис. 5в). На диаграмме  $La/10-Y/15-Nb/8$  [Cabanis, Lecolle, 1989] изученные вулканиты преимущественно попадают в поля известково-щелочных и континентальных базальтов (см. рис. 5г). На большинстве рассмотренных диаграмм полученные анализы попадают в поля составов пермотриасовых базальтов Западной Сибири, по данным [Медведев и др., 2003; и др.]. При этом на диаграмме  $Zr/4-Nb*2-Y$  [Meschede, 1986] (рис. 5в) точки анализов ложатся ближе к полям континентальных щелочных базальтов, а на диаграмме  $La/10-Y/15-Nb/8$  [Cabanis, Lecolle, 1989] (рис. 5г) проанализированные вулканиты отличаются несколько пониженным содержанием Y по сравнению с составами пермотриасовых базальтов Западной Сибири [Медведев и др., 2003].

Изотопные отношения Pb в образце пермско-раннетриасового базальта из скв. Западно-Чистинная-501, глубина 3500 м, и начальные изотопные отношения, рассчитанные для возраста 250 млн лет, приведены в табл. 5. На рис. 6 отчетливо видно, что фигуративная точка состава данной пробы отклоняется от поля составов траппо-

вых базальтов Сибирской платформы, по данным [Wooden et al., 1993], в сторону резервуара HIMU, характеризующегося повышенным отношением  $^{238}U/Pb^{204}$ . Это может быть связано с влиянием контаминированного корового материала [Берзин и др., 2016, 2017].

Для базальта из скв. Западно-Чистинная-502, глубина 3356–3363 м, был получен K-Ar возраст  $295 \pm 15$  млн лет (K – 0.58 мас. %, Ar – 12.90 нг/г). Базальты из скв. Гуслинская Р-430 с глубины 3439 м были охарактеризованы Ar-Ar возрастом в  $268.4 \pm 7.5$  млн лет (рис. 7а, в), а для базальтов из скв. Тауровская Р-503 с глубины 3150 м Ar-Ar возраст составил  $268.1 \pm 7.5$  млн лет (рис. 7б, г), что соответствует средней перми (Guadalupian). Обращает на себя внимание полное совпадение результатов возрастных определений, полученных по этим двум скважинам. Все это указывает на то, что вулканизм в осевых рифтовых зонах фундамента Западно-Сибирского бассейна начался раньше, чем это обычно считалось [Reichow et al., 2009; и др.], и значительно раньше излияний трапповых базальтов Сибирской платформы.

**Риолиты и базальты нижнего–низов среднего триаса** в дююрском основании Юганско-Колтогорской зоны слагают отдельные субизометричные в плане тела, аномальные поля над которыми практически не изменяются, что, по-видимому, свидетельствует об их малой мощности. Породы вскрыты скважинами Корсевая-35 (2792–2900 м) и Мелимовская-25 (2785–2829 м), где представлены в различной степени “выветрелыми” порфировыми риолитами с вкрапленниками плагиоклаза.



**Рис. 5.** Положение точек составов вулканитов перми–нижнего триаса Югано-Колтогорской зоны из скв. Гуслинская-430, Западно-Чистинная-501, Ново-Ютымская-46, Травяная Р-90, Южно-Махнинская Р-4 (1) и базальтов среднего триаса из скв. Владиленское П-1 (2) на дискриминационных диаграммах. Поля составов: 3 – нормальнощелочные пермтриасовые базальты Западно-Сибирского бассейна по данным [Медведев и др., 2003], 4 – нормальнощелочные пермтриасовые базальты бассейна р. Северная Сосьва в западной части Западно-Сибирской плиты.

а – AFM [Kuno, 1968], б –  $\text{MnO}-\text{TiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$  [Mullen, 1983], в –  $\text{Zr}/4-\text{Nb}^*2-\text{Y}$  [Meschede, 1986], г –  $\text{La}/10-\text{Y}/15-\text{Nb}/8$  [Cabanis, Lecolle, 1989], д –  $\text{Th}-\text{Zr}/117-\text{Nb}/16$  [Wood, 1980], е –  $\text{Th}-\text{Hf}/3-\text{Nb}/16$  [Wood, 1980].

**Fig. 5.** Diagrams by the Permian–Lower Triassic flood basalts of the South-Koltogor zone from boreholes Guslinskaya-430, Zapadno-Chistinnaya-501, Novo-Yutymenskaya-46, Travyanaya R-90, Yuzhno-Makhninskaya R-4 (1) and Middle Triassic flood basalts from borehole Vladilenskoye P-1 (2). 3 – Normally alkaline Permian–Triassic flood basalts of the West Siberian basin by [Medvedev et al., 2003], 4 – Normally alkaline Permian–Triassic flood basalts from Severnaya Sosva in the western part of the West Siberian plate.

а – AFM [Kuno, 1968], б –  $\text{MnO}-\text{TiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$  [Mullen, 1983], в –  $\text{Zr}/4-\text{Nb}^*2-\text{Y}$  [Meschede, 1986], г –  $\text{La}/10-\text{Y}/15-\text{Nb}/8$  [Cabanis, Lecolle, 1989], д –  $\text{Th}-\text{Zr}/117-\text{Nb}/16$  [Wood, 1980], е –  $\text{Th}-\text{Hf}/3-\text{Nb}/16$  [Wood, 1980].

**Средний триас. Базальты и песчаники.** Толща представлена в основном на севере Юганской зоны и вдоль восточной границы Колтогорской зоны. Базальты среднего триаса вскрыты скважинами Владиленская-1 (3112–3120 м) и Котыгъеганская-28 (3010–3149 м). Скважиной Владиленская-1 вскрыты миндалекаменные порфировые андезибазальты и андезиты. В керне скв. Котыгъеганская-28 наблюдаются в различной степени измененные базальты и андезибазальты.

**Верхний триас. Песчаник** верхнего триаса образуют наложенные мульды максимальной мощностью до 400–500 м.

#### МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

**Ультрабазиты серпентинизированные** встречаются достаточно часто в виде линзовидных в плане тел вдоль крупных тектонических разломов в фундаменте Юганско-Колтогорской зоны Западно-

**Таблица 5.** Изотопные отношения свинца в пермотриасовых базальтах скв. Западно-Чистинная-501, глубина 3500 м [Берзин и др., 2016]

**Table 5.** Lead isotopic ratios in Upper Permian – Early Triassic flood basalts of the borehole Zapadno-Chistinnaya-501, with depths of 3500 m [Berzin et al., 2016]

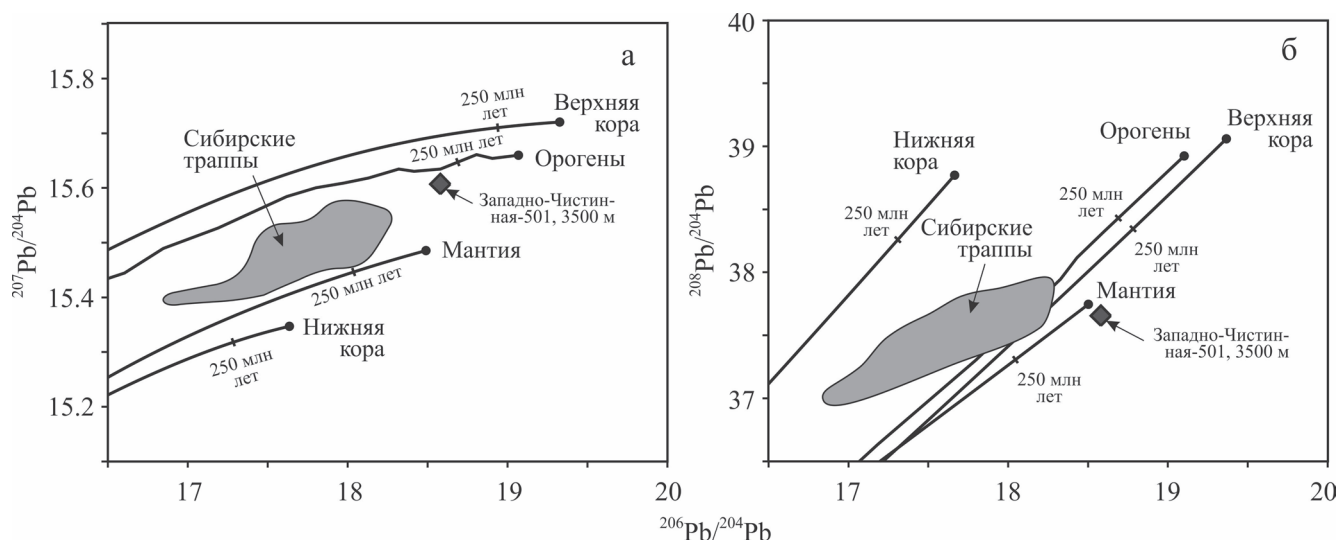
Измеренные	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	19.555
	SE	0.005
	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15.6567
	SE	0.0007
	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	38.499
Начальные (250 млн лет)	SE	0.002
	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18.607
	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15.6082
	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	37.6881

Сибирского мегабассейна. Тела ультрабазитов характеризуются ярко выраженными компактными, часто удлинёнными, магнитными аномалиями с амплитудой поля в эпицентрах порядка 400–1000 нТл и более. Аномальное гравитационное поле над этими образованиями может быть отрицательным, знакопеременным или положительным, иметь спокойный либо градиентный характер. Ультраосновные породы вскрыты глубокими скважинами Аленкинское-103 в интервале 2745–2800 м и Лыхская Р-70 (см. рис. 2в) в интервале 2650–2712 м.

В керне скв. Аленкинское-103 наблюдаются практически полностью серпентинизированные (более чем на 90%) и катаклазированные ультрабазиты. Порода разбита густой сетью трещин, частично фрагментирована, замещена петельчатым и пластинчатым агрегатом серпентина – антигорита и лизардита. В секущих микропрожилках развиваются карбонат и хлорит.

Ультрабазиты, вскрытые скважиной Лыхская Р-70, представлены серпентинизированными и в разной степени карбонатизированными гарцбургитами. В исходном гарцбургите минеральный состав предположительно был следующий, %: оливин – 60–80, ортопироксен – 20–40, хромшпинель – менее 1. Структура среднезернистая, гипидиоморфнозернистая.

Ортопироксен, ксеноморфный оливину, нацело замещен баститом, совместно с которым по ортопироксену развивается местами тальк с ориентированными микровключениями магнетита. Зерна оливина полностью замещены петельчатым серпентином и лизардитом с просечками магнетита. Отмечаются редкие маломощные прожилки микрочешуйчатого антигорита, секущего лизардит и бастит. Хромовая шпинель ксеноморфна ортопироксену и оливину (см. рис. 2в), темно-коричневого цвета, местами с магнетитовыми кай-

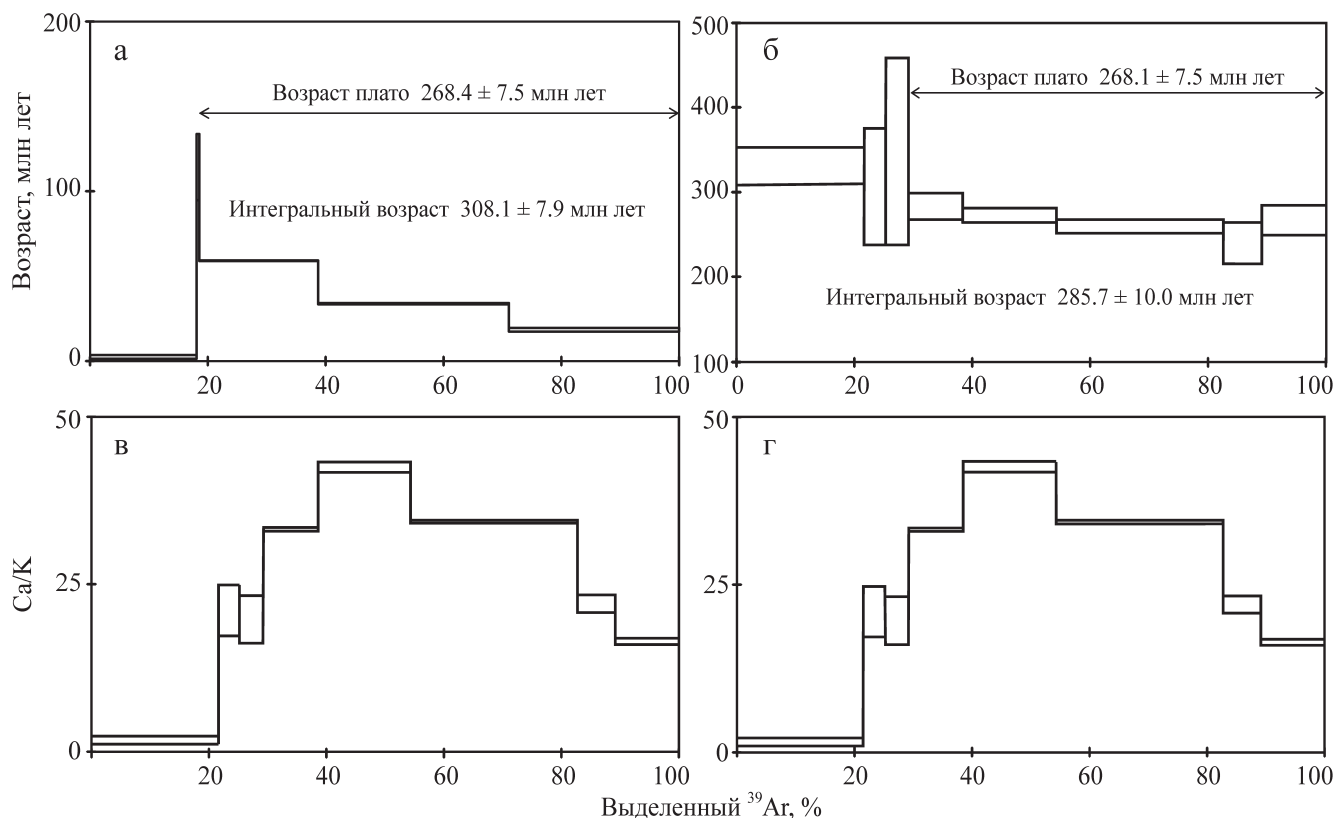


**Рис. 6.** Диаграммы  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  (а) и  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  (б) для пермотриасовых базальтов из фундамента Западно-Сибирского бассейна из скв. Западно-Чистинная-501, глубина 3500 м [Берзин и др., 2016].

Линии временной эволюции верхней коры, орогенов, нижней коры и мантии по [Zartman, Haines, 1988], серое поле – трапповые базальты Сибири по [Wooden et al., 1993]. Начальные отношения изотопов Pb рассчитаны исходя из возраста 250 млн лет.

**Fig. 6.** Diagrams  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  (a) and  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  (b) for Permian–Lower Triassic flood basalts from the basement of the Western Siberian plate, borehole Zapadno-Chistinnaya-501, with depths of 3500 m [Berzin et al., 2016].

Lines temporal evolution of the Upper Crust, Orogens, Lower Crust and Mantle by [Zartman, Haines, 1988], Gray field – trap basalts of the Siberian platform by [Wooden et al., 1993]. The initial Pb isotopes ratios by the age 250 Ma.



**Рис. 7.** Ar-Ar возраст пермско-раннетриасовых базальтов из скв. Гуслинская Р-430 с глубины 3439 м (а, в) и из скв. Тауровская Р-503 с глубины 3150 м (б, г).

**Fig. 7.** Ar-Ar age of Permian–Lower Triassic flood basalts from the borehole Guslinskaya R-430, with depths of 3439 m (a, в) and from the borehole Taurovskaya R-503, with depths of 3150 m (б, г).

мами обрастания. Форма зерен неправильная, размер 0.3–0.7 мм.

Состав минералов был изучен в скв. Аленкинское-103 с глубины 2755 м (апогартбургитовый серпентинит) и 2758 м (аподунитовый серпентинит) (табл. 6). В первом образце хромовая шпинель попадает на границу полей составов шпинели и хромита,  $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) = 0.45\text{--}0.50$  и  $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg}) = 0.40\text{--}0.45$ . Состав минерала соответствует аксессуарным хромовым шпинелям из гарцбургитов офиолитовых комплексов. В образце аподунитового серпентинита хромовая шпинель по составу отвечает хромиту:  $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}) = 0.78\text{--}0.79$  и  $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg}) = 0.57\text{--}0.59$ . Состав хромовой шпинели близок аксессуарным хромовым шпинелям дунитов [Берзин, Иванов, 2017].

**Габбро, габбро-долериты** слагают в доюрском основании Юганско-Колтогорской зоны субизометричные и удлинённые в плане тела, приуроченные в большинстве случаев к осевым частям пермотриасовых грабенов, а также местами ассоциирующие с телами серпентинизированных ультрабазитов (предположительно представляют собой фрагменты офиолитовой ассоциации – аналога коры

**Таблица 6.** Состав хромовой шпинели из серпентинитов из скв. Аленкинское-103, мас. %

**Table 6.** Chemical composition of the chromite from serpentine of the borehole Alenkinskoe-103, wt %

Компонент	2755 м			2758 м		
	Ан. 8	Ан. 9	Ан. 10	Ан. 6	Ан. 7	Ан. 8
TiO <sub>2</sub>	0.03	0.01	0.01	0.03	0	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27.62	28.12	30.93	10.7	10.75	10.78
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40.81	40.3	38.51	57.8	58.02	58.01
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.23	0.26	0.24	0.32	0.37	0.36
FeO	18.34	18.12	16.55	21.1	20.86	21.87
MnO	0.12	0.23	0.13	0.18	0.17	0.24
MgO	12.03	12.53	13.17	8.33	8.41	8.22
NiO	0	0.32	0.20	0.06	0	0.13
Сумма	99.18	99.91	99.75	98.6	98.62	99.69
Формульные коэффициенты (в пересчете на 3 катиона)						
Al	0.99	1.00	1.08	0.43	0.43	0.42
Cr	0.98	0.96	0.91	1.54	1.55	1.53
V	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe	0.47	0.46	0.41	0.59	0.59	0.61
Mn	0	0.01	0	0.01	0	0.01
Mg	0.55	0.56	0.58	0.42	0.42	0.41
Ni	0	0.01	0	0	0	0

**Таблица 7.** Состав минералов из гранодиорита скв. Северо-Пионерская-1, мас. %

**Table 7.** Chemical composition of minerals from the granodiorite of borehole Severo-Pionerskaya-1, wt %

Минерал	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Сумма
Глубина 3268 м										
Плагноклаз	67.41	0	20.26	0.52	0	0	0.03	11.43	0.09	99.75
	67.01	0	20.46	0.78	0.05	0.04	0.12	11.34	0.15	99.95
КПШ	64.82	0	18.41	0.18	0.04	0	0	1.09	14.81	99.4
Хлорит	26.59	0	18.40	34.06	0.52	5.36	0.10	0.06	0.47	85.59
	26.21	0	18.82	33.70	0.47	5.64	0.13	0.03	0.40	85.41
Магнетит	0.78	0.11	0.04	91.02	0	0	0	0	0	91.98
Титаномагнетит	0.85	23.18	0.06	67.98	0.04	0.07	0.03	0.04	0	92.28
Рутил	0.22	97.82	0.14	0.82	0	0	0.02	0	0	99.07
Глубина 3271 м										
Плагноклаз	66.85	0	20.07	0.58	0	0	0	11.64	0.13	99.34
	67.56	0	20.04	0.35	0	0	0.10	11.52	0.31	99.92
КПШ	65.34	0	18.01	0.14	0	0	0	0.72	15.28	99.49
Хлорит	26.46	0	16.07	34.94	0.75	8.27	0.15	0.03	0.03	86.75
	25.99	0	16.68	33.99	0.79	7.83	0.13	0.08	0.04	85.58
Рутил	0	97.63	0.12	0.67	0	0	0.65	0	0	99.12
Титаномагнетит	0.36	22.59	0.50	68.55	0.67	0.05	0.03	0.06	0	92.89
Гематит	1.57	0.32	0	88.58	0.06	0	0	0.04	0	90.61

океанического типа). Скважиной Северо-Моисеевская-30Р в интервале 2875–2895.8 м вскрыты габбро-долериты с тонкозернистой редкопорфировой структурой.

**Кварцевые диориты и диориты** в фундаменте Юганско-Колтогорской зоны встречаются в виде отдельных массивов размером до 20–30 км в юго-восточной и юго-западной частях описываемой территории. Тела кварцевых диоритов и диоритов граничат с телами гранодиоритов и гранитов, девонскими и каменноугольными осадочными породами, а также пермо-триасовыми вулканитами.

**Гранодиориты** представлены небольшими по площади массивами, аномальные поля над которыми можно считать практически постоянными (–8 мГал и 50 нТл в Юганской зоне). Породы данного комплекса вскрыты глубокой скважиной Северо-Пионерская-1 в интервале глубин 3228–3271 м. В керне скважины установлены гранодиориты, в призабойной части скважины вскрыты аплиты. Изученные гранодиориты состоят большей частью из плагноклаза (практически чистого альбита), часто с пертитам калишпата и мирмекитами кварца и содержат около 7–8% биотита. Среди аксессуарных минералов встречены алланит с эпидотовыми каймами, а также эпидот, образующий слабо буроватые неправильные зерна с фестончатыми каймами, зерна циркона и апатита. Состав породообразующих и аксессуарных минералов из гранодиоритов скв. Северо-Пионерская-1 приведен в табл. 7. Зерна аксессуарного апатита по составу соответствуют фторапатиту (табл. 8). Аплиты имеют тонкозернистую слабо неравномернозернистую аплитовидную структуру и состоят из плагноклаза, кварца, калишпата, а также

**Таблица 8.** Состав апатита из гранодиорита скважины Северо-Пионерская-1, мас. %

**Table 8.** Chemical composition of apatite from the granodiorite of hole Severo-Pionerskaya-1, wt %

SiO <sub>2</sub>	FeO	MnO	CaO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	F	Сумма
Глубина 3268 м							
0.37	0.36	0.12	55.26	0.10	42.37	3.33	101.91
0.53	0.93	0.13	54.50	0.11	42.41	3.31	101.92
Глубина 3271 м							
0.37	0.26	0.11	54.72	0.09	42.18	3.66	101.39
0.42	0.27	0.11	55.25	0.08	41.94	3.58	101.65

содержат 1–2% биотита, замещаемого вторичными минералами.

**Граниты** в фундаменте Юганско-Колтогорской зоны слагают достаточно многочисленные субизометричные и слабо удлиненные в плане массивы размером до 50 км, локализованные в окружении преимущественно палеозойских вулканогенных и осадочных пород, а также метаморфических образований. Граниты вскрыты скважинами Урненская-41, Урненская-10 и др. Аномальное гравитационное поле над гранитами образует отрицательные субизометричные аномалии с минимумом поля в центре интрузива. Граниты из скв. Урненская-10 характеризуются умеренным содержанием щелочей (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O = 8.36%), повышенной железистостью ( $f = 0.80$ ) и относятся к высококальциевой (K<sub>2</sub>O = 4%) серии. Исследованные граниты характеризуются пологим спектром распределения РЗЭ с обогащением легкими лантаноидами и отрицательной Eu-аномалией. Сумма РЗЭ составляет 74 г/т. При нормировании по примитивной мантии в породах наблюдаются минимумы по Ba, Nb, Sr, P,

**Таблица 9.** U-Pb возраст цирконов из гранита скв. Урненская-10 с глубины 2538 м**Table 9.** Zircon U-Pb age from the granite of borehole Urnenskaya-10, with depths of 2538 m

Точка	$^{206}\text{Pb}_e$ , %	U, г/г	Th, г/г	$^{232}\text{Th}/$ $^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$ , г/г	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ Возраст <sup>(1)</sup>	$^{238}\text{U}/$ $^{206}\text{Pb}^{*(1)}$	±%	$^{207}\text{Pb}^*/$ $^{206}\text{Pb}^{*(1)}$	±%	$^{207}\text{Pb}^*/$ $^{235}\text{U}^{(1)}$	±%	$^{206}\text{Pb}^*/$ $^{238}\text{U}^{(1)}$	±%	Погр. корр.
6.1 <sup>(2)</sup>	—	1563	751	0.50	33.9	160.5 ±2.1	39.67	1.3	0.0588	1.6	0.2043	2.1	0.02521	1.3	0.636
1.2 <sup>(2)</sup>	0.25	852	317	0.38	26.1	225.2 ±3.6	28.12	1.6	0.0543	2.5	0.2662	2.9	0.03556	1.6	0.551
7.1 <sup>(2)</sup>	0.36	1436	1142	0.82	51.9	264.6 ±3.4	23.87	1.3	0.0547	2.3	0.3159	2.7	0.04189	1.3	0.489
3.1	0.10	916	581	0.66	34.8	278.5 ±4.3	22.65	1.6	0.0515	2.2	0.3135	2.7	0.04415	1.6	0.582
6.2	0.29	812	428	0.55	31.0	279.8 ±3.7	22.54	1.3	0.0520	2.7	0.3178	3.0	0.04437	1.3	0.444
4.1	0.17	398	158	0.41	15.2	280.4 ±4.8	22.49	1.7	0.0532	3.1	0.3260	3.6	0.04446	1.7	0.486
2.1	0.19	770	418	0.56	30.5	289.5 ±4.5	21.77	1.6	0.0519	2.4	0.3286	2.8	0.04593	1.6	0.563
5.2	0.37	499	167	0.35	20.0	293.1 ±4.9	21.50	1.7	0.0517	3.7	0.3310	4.1	0.04651	1.7	0.416
1.2	0.15	830	166	0.21	33.3	293.7 ±4.6	21.45	1.6	0.0518	2.1	0.3330	2.6	0.04662	1.6	0.607
1.1	0.51	521	70	0.14	21.2	297.3 ±4.9	21.18	1.7	0.0504	4.0	0.3280	4.4	0.04721	1.7	0.382
5.1	0.30	496	91	0.19	20.5	302.8 ±5.0	20.79	1.7	0.0528	3.2	0.3500	3.6	0.04809	1.7	0.466
4.3	0.08	618	151	0.25	25.6	303.3 ±4.9	20.76	1.7	0.0516	2.4	0.3425	2.9	0.04817	1.7	0.576

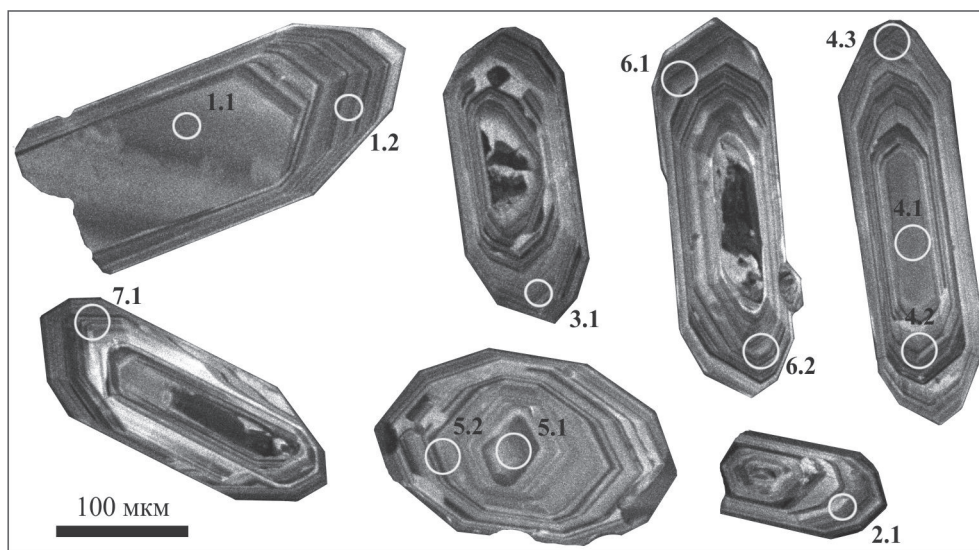
Примечание. Погрешность 1σ; Pb<sub>e</sub> and Pb\* показывают содержания общего и радиогенного свинца соответственно. Погрешность стандартной калибровки 0.58% (не включена в вышеуказанную погрешность). <sup>(1)</sup>Общее содержание Pb скорректировано, с использованием измерения <sup>204</sup>Pb. <sup>(2)</sup>Дискордантные значения.

Note. 1σ error; Pb<sub>e</sub> and Pb\* show the contents of total and radiogenic lead, respectively. The standard calibration error is 0.58% (not included in the above error). <sup>(1)</sup>The total Pb content is corrected using the <sup>204</sup>Pb measurements. <sup>(2)</sup>Are discordant values.

Ti и максимумы по Pb. По соотношению петрогенных компонентов граниты относятся к щелочно-кальциевым [Frost et al., 2001]. По соотношениям ряда некогерентных элементов породы попадают в поле гранитов вулканических дуг и синколлизионных гранитов [Pearce et al., 1984].

Изотопный возраст гранитов был определен U-Pb (SHRIMP-II) методом по акцессорным цирконам из керна скв. Урненская-10 с глубины 2538 м (табл. 9). Изучены 7 зерен циркона призматического облика и дипирамидально-призматического

габитуса (рис. 8). Зерна цирконов имеют тонкое ритмично-зональное, реже секториально-зональное строение. В строении некоторых из них отчетливо выделяются более ранние ядра, однако их изотопно-геохронологическое изучение не производилось. По 9 точкам анализов в 7 зернах цирконов был получен конкордантный возраст  $289.4 \pm 4.8$  млн лет с достаточно высокой вероятностью 0.62 и низким СКВО 0.25 (рис. 9). Полученный возраст по Международной шкале 2016 г. соответствует ранней перми (сакмарский ярус). Три точки анализов

**Рис. 8.** Католюминесцентное изображение зерен цирконов из гранита скв. Урненская-10 с глубины 2538 м.**Fig. 8.** Zircon grains CL-image from the granite sample of the borehole Urnenskaya-10, depths of 2538 m.

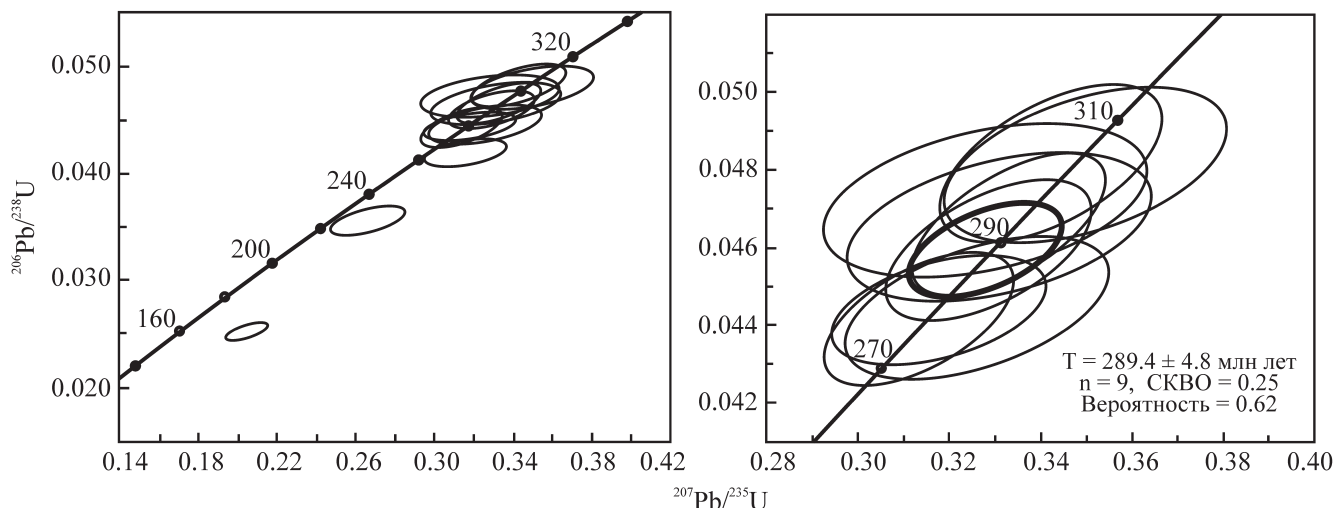


Рис. 9. U-Pb возраст цирконов из гранита скважины Уренская-10 с глубины 2538 м.

Fig. 9. U-Pb zircon age of the granite sample from the borehole Urnenskaya-10, with depths of 2538 m.

(1.2, 6.1, 7.1) показали дискордантные значения возрастов. Две из них локализованы в высокоурановых зонах с содержаниями U 1436 и 1563 г/т. Совокупность анализов, включающих дискордантные значения, образует изохрону, пересекающую конкордию в точке с возрастом  $289 \pm 16$  млн лет, перекрывающимся в пределах погрешности с конкордантным возрастом  $289.4 \pm 4.8$  млн лет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты проведенных нами работ сводятся к следующему.

1. Произведено доизучение петрографии, петрохимии, геохимии, геохронологии и биостратиграфии пород комплексов доюрского основания Юганско-Колтогорской зоны по керну более 40 скважин, вскрывших эти комплексы. На основе этих и обобщения ранее полученных данных построена геологическая карта доюрского основания Юганско-Колтогорской зоны масштаба 1 : 500 000.

2. В основании стратифицированных образований региона залегают *метаморфические породы*, обычно считавшиеся докембрийскими. *Средний палеозой нерасчлененный* представлен терригенно-карбонатной толщей с подчиненными прослоями эффузивов основного состава. *Средний–верхний девон* состоит из известняков, доломитов с подчиненными пачками песчаников и глинистых сланцев. *Вулканогенный верхний девон* сложен преимущественно андезитами, базальтами и их туфами, которые широко распространены особенно в западной части Юганской зоны. Осадочные отложения *верхнего девона–нижнего карбона* представлены глинистыми и кремнистыми сланцами, песчаниками, гравелитами и конгломератами широко разви-

тыми в западной и средней части Юганской зоны и в бортах Колтогорского рифта, особенно западном.

3. Серпентинизированные ультрабазиты встречаются достаточно часто в виде линзовидных в плане тел вдоль крупных тектонических разломов в фундаменте Юганско-Колтогорской зоны Западно-Сибирского мегабассейна. Габбро и габбро-долериты слагают тела, приуроченные в большинстве случаев к осевой части пермо-триасовых грабен, а местами ассоциирующиеся с телами серпентинизированных ультрамафитов. Кварцевые диориты и диориты слагают редкие тела размером до 20–30 км в южной части территории. Гранодиориты представлены небольшими массивами и состоят большей частью из кислого плагиоклаза, калишпата, кварца и биотита. Граниты слагают достаточно многочисленные массивы. Они характеризуются умеренным содержанием щелочей, повышенной железистостью ( $f = 0.80$ ) и относятся к высококалиевой серии. U-Pb (SHRIMP II) метод по цирконам из гранита скв. Уренская-10 с глубины 2538 м дал конкордантный возраст  $289.4 \pm 4.8$  млн лет, что соответствует сакмарскому ярусу ранней перми.

4. *Пермо-триасовые вулканы* закартированы примерно на половине площади доюрского фундамента Юганско-Колтогорской зоны. Они выполняют крупные рифтовые зоны, пересекающие палеозойский фундамент преимущественно в субмеридиональном направлении и разделяющие палеозойские комплексы пород на отдельные тектонические блоки. Вулканы относятся преимущественно к толеитовым базальтам нормальной щелочности низкокалиевой и умереннокалиевой серий. Риолиты и базальты нижнего и низов среднего триаса слагают отдельные субизометричные в

плане некрупные тела. Базальты и песчаники среднего триаса развиты в основном на севере Юганской зоны и вдоль восточной границы Колтогорской зоны. Песчаники верхнего триаса образуют наложенные мульды максимальной мощностью до 400–500 м.

Для пробы базальта из скв. Гуслинская Р-430 был получен Ar-Ar возраст  $268.4 \pm 7.5$  млн лет, что соответствует средней перми. Все это указывает на то, что вулканизм в осевых рифтовых зонах фундамента Западно-Сибирского бассейна начался раньше, чем это считалось до этого, и значительно раньше трапповых базальтов Сибирской платформы.

За помощь, поддержку и обсуждение результатов авторы весьма признательны В.А. Волкову, А.В. Тугоревой и Н.П. Яковлевой из НАЦ РН им. В.И. Шпилемана (Тюмень–Ханты-Мансийск) и коллегам из ИГГ УрО РАН Ю.В. Ерохину, А.З. Бикбаеву, М.П. Снигиревой и Т.И. Степановой. Мы благодарим также специалистов Н.В. Радионова из ЦИИ ВСЕГЕИ, А.В. Травина из Института геологии и минералогии СО РАН и аналитиков лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН В.В. Хиллер, Д.В. Киселеву, Н.В. Чередниченко, Н.П. Горбунову.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-05-00041.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ананьева Е.М., Винничук Н.Н., Иванов К.С., Кормильцев В.В., Федоров Ю.Н. (2008) О плотности пород востока Урала и фундамента Западно-Сибирской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 114 с.
- Батурина Т.П., Сараев С.В., Травин А.В. (2005) Каменноугольные и пермтриасовые вулканы в зоне сочленения Урала и Западной Сибири. *Геология и геофизика*, **46**(5), 504–516.
- Берзин С.В., Иванов К.С. (2017) Состав акцессорной хромовой шпинели из пермтриасовых базальтов фундамента Западно-Сибирской платформы. *Ежегодник-2016*. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 164, 199–203.
- Берзин С.В., Иванов К.С., Зайцева М.В. (2016) Геохимия изотопов Pb в пермтриасовых базальтах фундамента Западно-Сибирского мегабассейна. *XXI Симпозиум по геохимии изотопов имени академика А.П. Виноградова*. Тез. докл. М.: Акварель, 79–81.
- Берзин С.В., Иванов К.С., Зайцева М.В. (2017) Новые данные о пермтриасовых базальтах из фундамента Западно-Сибирского мегабассейна: минералогия, геохимия, отношения изотопов Pb. *Ежегодник-2016*. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 164, 93–98.
- Бочкарев В.С., Брехунцов А.М., Дещеня Н.П. (2003) Палеозой и триас Западной Сибири. *Геология и геофизика*, **44**(1–2), 120–143.
- Елкин Е.А., Краснов В.И., Бахарев Н.К., Белова Е.В., Дубатолов В.Н., Изох Н.Г., Клец А.Г., Конторович А.Э., Перегудов Л.Г., Сенников Н.В., Тимохина И.Г., Хромых В.Г. (2001) Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Палеозой Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “Гео”, 163 с.
- Иванов К.П., Иванов К.С., Федоров Ю.Н. (2007) Геохимия триасовых вулкаников Западно-Сибирской плиты (на примере турийской серии). *Геодинамика, магматизм, метаморфизм и рудообразование*. Сб. науч. тр. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 767–790.
- Иванов К.С., Коротеев В.А., Печеркин М.Ф., Федоров Ю.Н., Ерохин Ю.В. (2009) История геологического развития и строение фундамента западной части Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна. *Геология и геофизика*, **50**(4), 484–501.
- Иванов К.С., Федоров Ю.Н., Ерохин Ю.В., Пономарев В.С. (2016) Геологическое строение фундамента Приуральской части Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 302 с.
- Иванов К.С., Федоров Ю.Н., Ронкин Ю.Л., Ерохин Ю.В. (2005) Геохронологические исследования фундамента Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна; итоги 50 лет изучения. *Литосфера*, (3), 117–135.
- Казаков А.М., Константинов А.Г., Курушин Н.И., Могучева Н.К., Соболев Е.С., Фрадкина А.Ф., Ядрёнкин А.В., Девятков В.П., Смирнов Л.В. (2002) Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Триасовая система. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 327 с.
- Клец А.Г., Конторович В.А., Иванов К.С., Казаненков В.А., Сараев С.В., Симонов В.А., Фомин А.Н. (2007) Геодинамическая модель доюрского основания – основа нефтегазогеологического районирования верхнедокембрийско-нижнетриасового структурного этажа Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. *Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО*. Т. 1. Ханты-Мансийск, 79–90.
- Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А. (1975) Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра, 690 с.
- Костров Н.П., Кормильцев В.В., Федоров Ю.Н. (2005) Система 3D интерпретации результатов гравиманитных наблюдений с целью геологического картирования доюрского комплекса Западной Сибири. *Горные ведомости*, (1), 57–61.
- Медведев А.Я., Альмухамедов А.И., Кирда Н.П. (2003) Геохимия пермтриасовых вулкаников Западной Сибири. *Геология и геофизика*, **44**(1–2), 86–100.
- Медведев А.Я., Альмухамедов А.И., Рейчов М.К., Сандерс А.Д., Вайт Р.В., Кирда Н.П. (2003) Абсолютный возраст базальтов доюрского основания Западно-Сибирской плиты (по  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  данным). *Геология и геофизика*, **44**(6), 617–620.
- Сурков В.С., Смирнов Л.В. (2003) Строение и нефтегазоносность фундамента Западно-Сибирской плиты. *Отеч. геол.*, (1), 10–16.
- Сурков В.С., Трофимук А.А. (1986) Мегакомплексы и глубинная структура земной коры Западно-Сибирской плиты. М.: Недра, 149 с.
- Федоров Ю.Н., Иванов К.С., Садыков М.Р., Печеркин М.Ф., Кривоносов В.Г., Захаров С.Г., Краснобаев А.А., Ерохин Ю.В. (2004) Строение и перспективы нефтегазоносности доюрского комплекса террито-

рии ХМАО: новые подходы и методы. *Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО*. Т. 1. Ханты-Мансийск: ИздатНаукаСервис, 79-90.

- Barnes S.J., Roeder P.L. (2001) The range of spinel compositions in terrestrial mafic and ultramafic rocks. *J. Petrol.*, **42**, 2279-2302.
- Cabanis B., Lecolle M. (1989) Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8; un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ou de contamination crustale. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Serie 2, Mecanique, Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*, **309**(20), 2023-2029.
- Frost B.R., Barnes C.B., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. (2001) A geochemical classification for granitic rocks. *J. Petrol.*, **42**, 2033-2048.
- Kamenetsky V.S., Crawford A.J., Meffre S. (2001) Factors controlling chemistry of magmatic spinel: an empirical study of associated olivine, Cr-spinel and melt inclusions from primitive rocks. *J. Petrol.*, **42**, 655-671.
- Kuno H. (1968) Differentiation of basalt magmas. *Basalts: the poldervaart treatise on rocks of basaltic composition*. V. 2. Interscience. N.Y., 623-688.
- Larionov A.N., Andreichev V.A., Gee D.G. (2004) The Vendian alkaline igneous suite of northern Timan: ion microprobe U-Pb zircon ages of gabbros and syenite. *Geol. Soc. Mem. London*, **30**, 69-74.
- Meschede M. (1986) A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chem. Geol.*, **56**, 207-218.
- Mullen E.D. (1983) MnO/TiO<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **62**, 53-62.
- Pearce J.A., Harris B.W., Tindle A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, **25**, 956-983.
- Reichow M.K., Pringle M.S., Al'mukhamedov A.I., Allen M.B., Andreichev V.L., Buslov M.M., Davies C.E., Fedoseev G.S., Fitton J.G., Inger S., Medvedev A.Ya., Mitchell C., Puchkov V.N., Safonova I.Yu., Scott R.A., Saunders A.D. (2009) The timing and extent of the eruption of the Siberian Traps large igneous province: Implications for the end-Permian environmental crisis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **277**, 9-20.
- Sun S., McDonough W.F. (1989) Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geol. Soc., Spec. Publ.*, **42**, 313-345.
- Williams I.S. (1998) U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes. *Rev. Econ. Geol.*, **7**, 1-35.
- Wood D.A. (1980) The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **50**(1), 11-30.
- Wooden J.L., Czamanske G.K., Fedorenko V.A., Arndt N.T., Chauvel C., Bouse R.M., King B.W., Knight R.J., Siem D.F. (1993) Isotopic and trace-element constraints on mantle and crustal contributions to Siberian continental flood basalts, Noril'sk area, Siberia. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **57**, 3677-3704.
- Zartman R.E., Haines S.M. (1988) The plumbotectonic model for Pb isotopic systematics among major terrestrial reservoirs-A case for bi-directional transport. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **52**, 1327-1339.

## REFERENCES

- Anan'eva E.M., Vinnichuk N.N., Ivanov K.S., Kormil'tsev V.V., Fedorov Yu.N. (2008) *Oplotnosti porod vostoka Urala i fundamenta Zapadno-Sibirskoi platformy* [On the density of rocks in the east of the Urals and the basement of the West Siberian Platform]. Ekaterinburg, UrO RAN Publ., 114 p. (In Russian)
- Barnes S.J., Roeder P.L. (2001) The range of spinel compositions in terrestrial mafic and ultramafic rocks. *J. Petrol.*, **42**, 2279-2302.
- Baturina T.P., Saraev S.V., Travin A.V. (2005) Carboniferous and Permian-Triassic volcanics in the junction zone of the Urals and Western Siberia. *Geol. Geophys.*, **46**(5), 504-516. (In Russian)
- Berzin S.V., Ivanov K.S. (2017) Composition of accessory chrome spinel from Permian-Triassic basalts of the basement of the West Siberian Platform. *Ezhegodnik-2016*. Proc. IGG UB RAS. No. 164, 199-203. (In Russian)
- Berzin S.V., Ivanov K.S., Zaitseva M.V. (2016) Geochemistry of Pb isotopes in Permian-Triassic basalts of the basement of the West Siberian megabasin. *XXI Simposium po geokhimii izotopov imeni akademika A.P. Vinogradova*. Tez. dokl. [XXI Symposium on the Geochemistry of Isotopes named after Academician A.P. Vinogradov Theses of the reports]. Moscow, Aquarel Publ., 79-81. (In Russian)
- Berzin S.V., Ivanov K.S., Zaitseva M.V. (2017) New data on Permian-Triassic basalts from the basement of the West Siberian megabasin: mineralogy, geochemistry, Pb isotope ratios. *Ezhegodnik-2016*. Proc. IGG UB RAS. No. 164, 93-98. (In Russian)
- Bochkarev V.S., Brekhuntsov A.M., Deshchenya N.P. (2003) Paleozoic and Triassic of Western Siberia. *Geol. Geofiz.*, **44**(1-2), 120-143. (In Russian)
- Cabanis B., Lecolle M. (1989) Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8; un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ou de contamination crustale. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Serie 2, Mecanique, Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*, **309**(20), 2023-2029.
- Elkin E.A., Krasnov V.I., Bakharev N.K., Belova E.V., Dubatolov V.N., Izokh N.G., Klets A.G., Kontorovich A.E., Peregoedov L.G., Sennikov N.V., Timokhina I.G., Khromykh V.G. (2001) *Stratigrafiya neftegazonosnykh basseinov Sibiri. Paleozoi Zapadnoi Sibiri* [Stratigraphy of oil and gas bearing basins of Siberia. Paleozoic of Western Siberia]. Novosibirsk, SB RAS, "Geo" Publ., 163 p. (In Russian)
- Fedorov Yu.N., Ivanov K.S., Sadykov M.R., Pecherkin M.F., Krinochkin V.G., Zakharov S.G., Krasno-baev A.A., Erokhin Yu.V. (2004) The structure and prospects of the oil and gas potential of the pre-Jurassic complex of the KhMAO territory: new approaches and methods. *Puti realizatsii neftegazovogo potentsiala KhMAO*. T. 1 [Ways of realizing the oil and gas poten-

- tial of KhMAO. V. 1]. Khanty-Mansiisk, IzdatNaukServis Publ., 79-90. (In Russian)
- Frost B.R., Barnes C.B., Collins W.J., Arculus R. J., Ellis D.J., Frost C.D. (2001) A geochemical classification for granitic rocks. *J. Petrol.*, **42**, 2033-2048.
- Ivanov K.P., Ivanov K.S., Fedorov Yu.N. (2007) Geochemistry of the Triassic volcanics of the West Siberian Plate (based on the example of the Turin series). *Geodinamika, magmatizm, metamorfizm i rudoobrazovanie* [Geodynamics, magmatism, metamorphism and ore formation]. Ekaterinburg, IGG UrB RAS Publ., 767-790. (In Russian)
- Ivanov K.S., Koroteev V.A., Pecherkin M.F., Fedorov Yu.N., Erokhin Yu.V. (2009) The history of geological development and the structure of the basement of the western part of the West Siberian oil and gas-bearing megabasin. *Geol. Geofiz.*, **50**(4), 484-501. (In Russian)
- Ivanov K.S., Fedorov Yu.N., Erokhin Yu.V., Ponomarev V.S. (2016) *Geologicheskoe stroenie fundamenta Priural'skoi chasti Zapadno-Sibirskogo neftegazonosnogo megabasseina* [The geological structure of the basement of Near-Uralian part of the West Siberian petroleum megabasin]. Ekaterinburg, IGG UB of RAS, 302 p. (In Russian)
- Ivanov K.S., Fedorov Yu.N., Ronkin Yu.L., Erokhin Yu.V. (2005) Geochronological studies of the basement of the West Siberian oil and gas-bearing megabasin; Results of 50 years of study. *Litosfera*, (3), 117-135. (In Russian)
- Kamenetsky V.S., Crawford A.J., Meffre S. (2001) Factors controlling chemistry of magmatic spinel: an empirical study of associated olivine, Cr-spinel and melt inclusions from primitive rocks. *J. Petrol.*, **42**, 655-671.
- Kazakov A.M., Konstantinov A.G., Kurushin N.I. Mogucheva N.K., Sobolev E.S., Fradkina A.F., Yadrenkin A.V., Devyatov V.P., Smirnov L.V. (2002) *Stratigrafiya neftegazonosnykh basseinov Sibiri. Triasovaya sistema* [Stratigraphy of oil-gas basins of Siberia. Triassic]. Novosibirsk, SB of RAS, 322 p. (In Russian)
- Klets A.G., Kontorovich V.A., Ivanov K.S., Kazanenko V.A., Saraev S.V., Simonov V.A., Fomin A.N. (2007) The geodynamic model of the pre-Jurassic base is the basis for the oil and gas geological zoning of the Upper Precambrian-Lower Triassic structural floor of the West Siberian oil and gas province. *Puti realizatsii neftegazovogo i rudnogo potentsiala KhMAO. T. 1* [Ways of realization of oil gas and ore potential of KhMAO. V. 1]. Khanty-Mansiisk, 79-90. (In Russian)
- Kontorovich A.E., Nesterov I.I., Salmanov F.K., Surkov V.S., Trofimuk A.A. (1975) *Geologiya nefii i gaza Zapadnoi Sibiri* [The Geology of Oil and Gas in Western Siberia]. Moscow, Nedra Publ., 690 p. (In Russian)
- Kuno H. (1968) Differentiation of basaltic magmas. *Basalts: the poldervaart treatise on rocks of basaltic composition. V. 2*. Interscience. N.Y., 623-688.
- Larionov A.N., Andreichev V.A., Gee D.G. (2004) The Vendian alkaline igneous suite of northern Timan: ion microprobe U-Pb zircon ages of gabbros and syenites. *Geol. Soc. Mem. London*, **30**, 69-74.
- Medvedev A.Ya., Al'mukhamedov A.I., Kirda N.P. (2003) Geochemistry of Permian-Triassic Vulcanites in Western Siberia. *Geol. Geofiz.*, **44**(1-2), 86-100. (In Russian)
- Medvedev A.Ya., Al'mukhamedov A.I., Reichow M.K., Sanders A.D., White R.V., Kirda N.P. (2003) Absolute age of basalts of the pre-Jurassic base of the West Siberian plate ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  data). *Geol. Geofiz.*, **44**(6), 617-620. (In Russian)
- Meschede M. (1986) A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chem. Geol.*, **56**, 207-218.
- Mullen E.D. (1983) MnO-TiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **62**, 53-62.
- Pearce J.A., Harris B.W., Tindle A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, **25**, 956-983.
- Reichow M.K., Pringle M.S., Al'mukhamedov A.I., Allen M.B., Andreichev V.L., Buslov M.M., Davies C.E., Fedoseev G.S., Fitton J.G., Inger S., Medvedev A.Ya., Mitchell C., Puchkov V.N., Safonova I.Yu., Scott R.A., Saunders A.D. (2009) The timing and extent of the eruption of the Siberian Traps large igneous province: Implications for the end-Permian environmental crisis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **277**, 9-20.
- Sun S., McDonough W.F. (1989) Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geol. Soc., Spec. Publ.*, **42**, 313-345.
- Surkov V.S., Smirnov L.V. (2003) The construction and oil and gas content of the basement of the West Siberian plate. *Otech. Geol.*, (1), 10-16. (In Russian)
- Surkov V.S., Trofimuk A.A. (1986) *Megakompleksy i glubinnaya struktura zemnoi kory Zapadno-Sibirskoi plity* [Megacomplexes and the deep structure of the earth's crust of the West Siberian plate]. Moscow, Nedra Publ., 149 p. (In Russian)
- Williams I.S. (1998) U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes. *Rev. Econ. Geol.*, **7**, 1-35.
- Wood D.A. (1980) The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **50**(1), 11-30.
- Wooden J.L., Czamanske G.K., Fedorenko V.A., Arndt N.T., Chauvel C., Bouse R.M., King B.W., Knight R.J., Siem D.F. (1993) Isotopic and trace-element constraints on mantle and crustal contributions to Siberian continental flood basalts, Noril'sk area, Siberia. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **57**, 3677-3704.
- Zartman R.E., Haines S.M. (1988) The plumbotectonic model for Pb isotopic systematics among major terrestrial reservoirs-A case for bi-directional transport. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **52**, 1327-1339.