

УДК 551:552:550.4

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД СЫНЧУГИНСКОГО БЛОКА ЦЗЯМУСИНСКОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО МАССИВА (ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКИЙ ОРОГЕННЫЙ ПОЯС)

© 2023 г. Р. О. Овчинников^{1,*}, член-корреспондент РАН А. А. Сорокин¹, W. L. Xu², В. Б. Хубанов³

Поступило 14.11.2022 г.

После доработки 21.12.2022 г.

Принято к публикации 22.12.2022 г.

В статье приведены результаты U–Th–Pb-геохронологических исследований цирконов из метаморфических пород амурской серии Синчугинского блока Цзямусинского континентального массива. Показано, что гранат-биотит-серицитовые сланцы амурской серии имеют первично-осадочное происхождение. Нижняя возрастная граница накопления протолита может быть определена возрастом наиболее молодых цирконов из неопротерозойской группы ~832 млн лет. Верхняя возрастная граница протолита, по всей видимости, соответствует возрасту метаморфических цирконов ~533 млн лет. Таким образом, сланцы амурской серии Синчугинского блока имеют неопротерозойский возраст, а не раннекембрийский, как предполагалось ранее.

Ключевые слова: Синчугинский блок, Цзямусинский континентальный массив, метаморфические породы

DOI: 10.31857/S2686739722602587, **EDN:** NXXVXH

Установление хронологии проявления магматических событий в истории формирования и эволюции континентальных массивов восточной части Центрально-Азиатского орогенного пояса является необходимым условием для разработки интегрированной модели формирования этого крупнейшего орогенного пояса Евразии. При этом ключевое значение имеет получение данных о возрасте и природе протолита метаморфических образований, относимых в геологической литературе к фундаментам указанных массивов.

Цзямусинский континентальный массив (рис. 1), как один из крупных континентальных массивов восточной части этого пояса, представляет собой хороший полигон для решения указанной задачи. Этот континентальный массив (или террейн по [1, 2] и др.) является составной частью Бурея-Цзямуси-Ханкайского супертеррейна. Упомянутый супертеррейн с востока и се-

вера контактирует, соответственно, с Сихотэ-Алинским и Монголо-Охотским орогенными поясами. На северо-западе и западе супертеррейна граничит с Сингъянским (Xing'an) и с Сонгнен-Жангункайским (Songnen-Zhangguancai) массивами, а его южная граница закрыта Японским морем (рис. 1).

Большая часть Цзямусинского массива расположена на территории Китая (рис. 1). В качестве его фундамента здесь первоначально рассматривались метаморфические образования машаньской и хейлунцзянской серий, которым приписывался архейский [3] и протерозойский [4] возраст соответственно. Однако геохронологические данные, полученные впоследствии, существенно изменили эти представления. В частности, было показано, что протолиты метаосадочных пород машаньской серии имеют мезо-неопротерозойский возраст, а наложенные на них структурно-метаморфические преобразования гранулитовой фации связаны с раннекембрийским метаморфическим событием, произошедшим в интервале 530–500 млн лет [5–7]. Кроме того, среди метаморфических образований машаньской серии были установлены неопротерозойские ортогнейсы с возрастными 898–891 млн лет [8] и 757–751 млн лет [9]. Еще более молодой возраст был установлен для метаосадочных пород Хейлунцзянской серии, в которых были обнаружены детритовые цирконы юрского возраста [10, 11].

¹ Институт геологии и природопользования
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Благовещенск, Россия

² Колледж Наук о Земле Цзилиньского университета,
Чанчунь, Китай

³ Геологический институт им. Н.Л. Добрецова
Сибирского отделения Российской академии наук,
Улан-Удэ, Россия

*E-mail: Ovchinnikov@igm.ru

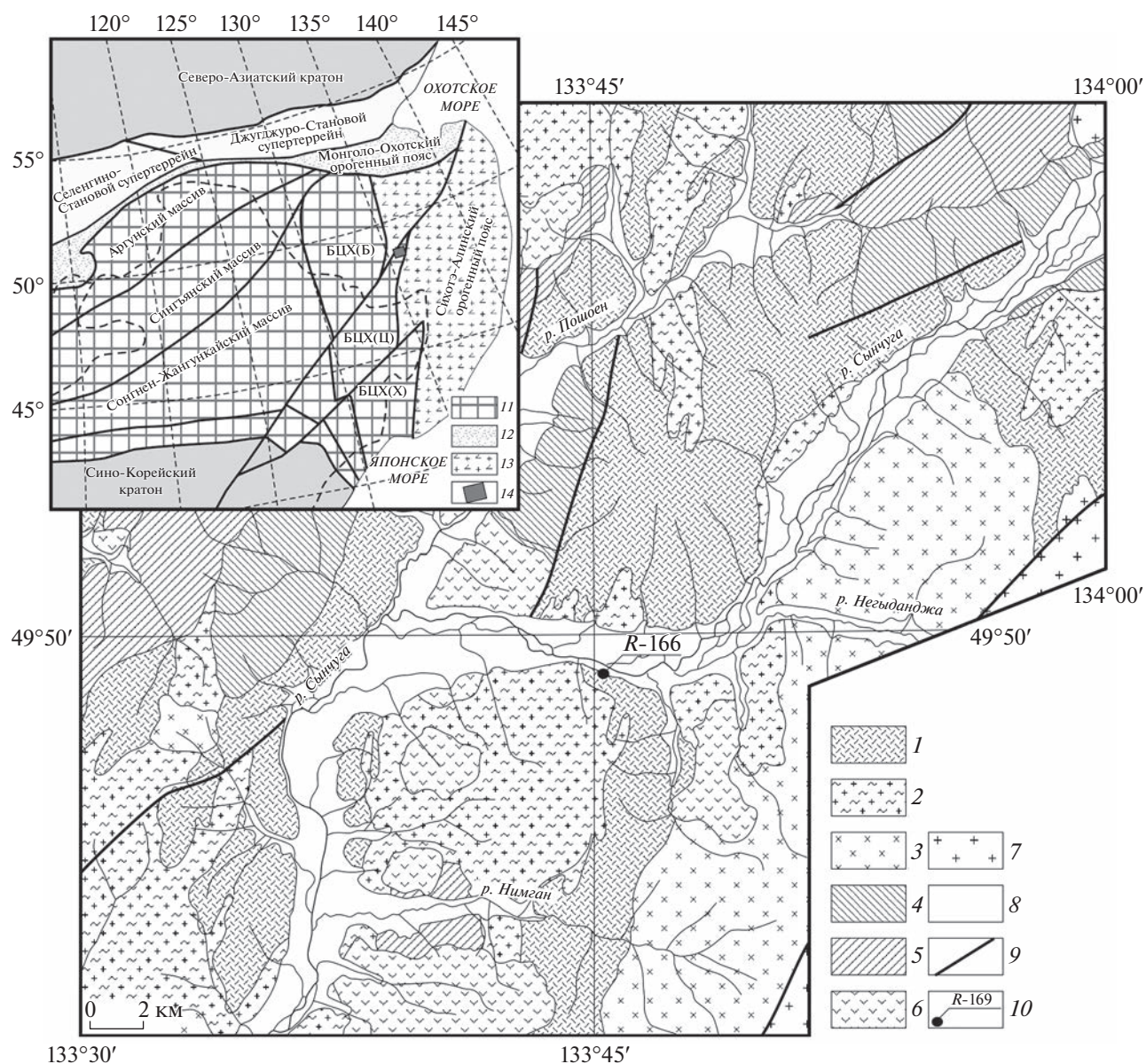


Рис. 1. Геологическая схема восточной окраины Цзямусинского массива (бассейн р. Сынчуга) (составлена по [15], с упрощениями авторов). 1 – условно палеопротерозойские кристаллические сланцы, кварциты амурской серии; 2 – условно протерозойские гранитоиды; 3 – раннепалеозойские гранитоиды кивилийского комплекса; 4 – девонские осадочные образования пачанской и ниранской свит; 5 – поздне триасовые осадочные образования мерекской свиты; 6 – раннемеловые вулканические образования солонечной свиты; 7 – поздне меловые гранодиориты; 8 – четвертичные осадочные образования; 9 – главные разломы; 10 – места отбора образцов. На врезке показано положение исследуемых объектов в структуре восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса (тектоническая основа по [6], с изменениями авторов): 11 – континентальные массивы/террейны: БЦХ – Бурей-Цзямуси-Ханкайский супертеррейн (БЦ(Б) – Бурейский, БЦ(Ц) – Цзямусинский, БЦ(Х) – Ханкайский континентальный массивы/террейны); 12 – Монголо-Охотский орогенный пояс; 13 – Сихотэ-Алиньский орогенный пояс; 14 – район исследования.

Северо-восточная часть Цзямусинского континентального массива на российской территории обычно рассматривается отечественными геологами как Малохинганский террейн ([1, 2] и др.). Здесь к наиболее древним образованиям традиционно относятся метаморфические породы амурской серии [2, 12], рассматривающиеся в ка-

честве аналога пород машаньской серии [2], а также пространственно ассоциируемые с ними интрузивные породы амурского и древнебурейского комплексов, которым также приписывается неоархейский возраст [12]. Эти образования остаются слабоизученными. Известно, что возраст протолитов метаосадочных пород урильской

свиты амурской серии в береговых обнажениях р. Амур составляет 240–210 млн лет [13], а для метагаббро амурского комплекса установлен раннепалеозойский возраст — 486 ± 18 млн лет [14]. Это несоответствие может быть объяснено тем, что в состав машаньской и амурской серий включены разновозрастные породы. Одновременно с этим возникает проблема наличия мезо-неопротерозойских комплексов в строении российской части Цзямусинского континентального массива. Для внесения определенности в эту проблему мы выполнили U–Th–Pb-геохронологические исследования цирконов из метаморфических пород амурской серии Сынчугинского блока российской части Цзямусинского массива.

В строении Сынчугинского блока (рис. 1) принимают участие различные по составу кристаллические сланцы с линзами графитистых известняков и маломощными прослоями кварцитов амурской серии и гранитогнейсы древнебуреинского комплекса [12, 15]. Первоначально все эти образования условно были отнесены к палеопротерозою [15], а позднее — к архею [12]. Кроме того, здесь широко представлены палеозойские и мезозойские гранитоиды.

Объектами наших исследований являлись гранат-биотит-серицитовые сланцы амурской серии, представленные в береговых обнажениях р. Сынчуга (рис. 1). Эти породы характеризуются положительными значениями функции $Df(X)$ 0.1–1.3, высокими значениями отношения MgO/CaO в пределах 2.3–5.9, что свидетельствует об их первично-осадочном происхождении [16, 17].

Выделение циркона из сланцев амурской серии (обр. R-166) для U–Th–Pb-геохронологических исследований проводилось по стандартной методике с использованием магнитной сепарации и тяжелых жидкостей в Аналитическом центре минералого-геохимических исследований ФГБУН Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск. Собственно U–Th–Pb (LA-ICP-MS)-геохронологические исследования индивидуальных зёрен циркона выполнены в ФГБУН Геологическом институте им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ, с использованием системы лазерной абляции UP-213 New Wave Research и ICP-MS-масс-спектрометра Element XR, “Thermo Scientific Fisher”. Диаметр лазерного пучка составлял 30 мкм при плотности потока энергии ~ 4.5 Дж/см². В качестве внешнего стандарта измерялись эталонные цирконы 91500, в качестве контрольного образца — эталоны Plešovice и GJ-1. Относительные погрешности измерения изотопных отношений в контрольных образцах варьировали в пределах: 1.0–3.7% для $^{207}Pb/^{235}U$ и $^{207}Pb/^{206}Pb$, 0.7–1.3% для $^{206}Pb/^{238}U$. Значения относительной погрешности средневзвешенных конкордантных возрастов

цирконов Plešovice и GJ-1, определенных LA-ICP-MS-методом, составляли менее 1.5% от их аттестованного значения возраста. Детальное описание аналитических процедур приведено в работе [18]. Конкордантные возрасты рассчитаны по программе Isoplot v. 4.15 [19]. При построении кривых относительной вероятности возраста детритовых цирконов использовались только конкордантные оценки возраста.

U–Th–Pb-геохронологические исследования выполнены для 35 зёрен цирконов из гранат-биотит-серицитового сланца (обр. R-166). Для 32 из них получены конкордантные оценки возраста, находящиеся в интервале 947–531 млн лет (рис. 2 а, б). Наиболее многочисленная группа из 29 зёрен представлена раннепротерозойскими цирконами (947–832 млн лет) со значениями пиков на кривой вероятности распределения возрастов 937 и 846 млн лет (рис. 2 а). Семь цирконов из этой возрастной группы характеризуются высокими значениями Th/U-отношения в интервале 0.38–0.16, что свидетельствует об их магматическом происхождении [20]. Остальным двадцати двум зёрнам свойственны низкие величины Th/U-отношения в интервале 0.04–0.01, что в большей степени присуще цирконам метаморфического происхождения. Три наиболее молодых циркона в этом образце имеют раннекембрийский возраст ~ 533 млн лет (рис. 2 а). При этом для всех цирконов раннепалеозойского кластера характерны исключительно низкие величины Th/U-отношения 0.11–0.04.

На основании полученных данных мы полагаем, что исследованные сланцы амурской серии Сынчугинского блока имеют первично-осадочное происхождение. Нижняя возрастная граница накопления протолита сланцев может быть определена возрастом наиболее молодых цирконов из неопротерозойской группы ~ 832 млн лет. Верхняя возрастная граница сланцев, вполне вероятно, соответствует возрасту метаморфических цирконов ~ 533 млн лет. Таким образом, сланцы амурской серии Сынчугинского блока имеют неопротерозойский, а не раннекембрийский, как предполагалось ранее [12, 15], возраст.

Полученные данные позволяют сравнить исследованные породы амурской серии Сынчугинского блока с другими метаморфическими образованиями Цзямусинского массива. Так, протолиты метаосадочных пород машаньской серии на территории китайской части массива имеют мезо-неопротерозойский возраст, а наложенные на них высокотемпературные метаморфические преобразования проявлены на рубеже ~ 500 млн лет [5–7]. В то же время в сланцах амурской серии Сынчугинского блока отсутствуют цирконы мезопротерозойского возраста, широко представленные в метаосадочных породах машаньской се-

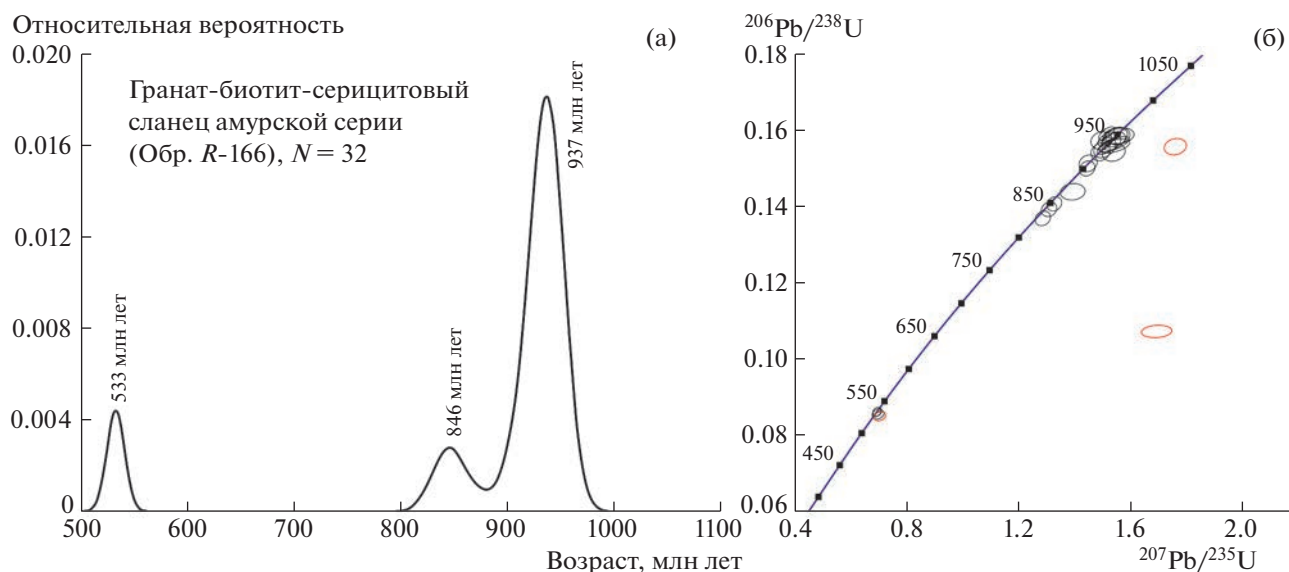


Рис. 2. Кривая относительной вероятности возраста (а) и диаграмма с конкордией (б) для цирконов из гранат-биотит-серицитовых сланцев амурской серии (обр. R-166) Сынчугинского блока.

рии [5–7]. На наш взгляд, это не позволяет коррелировать амурскую и машаньскую серии и отражает гетерогенность строения Цзямусинского массива.

Плохая изученность российской части Цзямусинского массива не позволяет в настоящее время детально обсуждать проблему источников кластического материала для метаосадочных пород амурской серии Сынчугинского блока. Тем не менее результаты выполненных исследований дают основания предполагать, что такими источниками, скорее всего, были неопротерозойские магматические и ортомагматические породы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят сотрудников Аналитического центра минералого-геохимических исследований Института геологии и природопользования ДВО РАН (г. Благовещенск) Е.Н. Воропаеву, О.Г. Медведеву, С.Г. Некрасову за подготовку мономинеральных фракций циркона, персонал ЦКП “Геоспектр” Геологического института им. Н.Л. Добрецова (г. Улан-Удэ) за проведение U–Pb-изотопных исследований.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и ГФЕН в рамках научного проекта № 21-55-53002 ГФЕН-а (NSFC-RFBR grant: 42111530021).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И. и др. Модель формирования орогенных поясов Централь-

ной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7–41.

2. Ханчук А.И. Геодинамика, магматизм и металлогения востока России. Владивосток: Дальнаука, 2006. 572 с.
3. Dang Y.S., Li D.R. Discussion on isotope geochronology of Precambrian Jiamusi Block // J. Chang. Univ. Earth Sci. 1993. V. 23. I. 3. P. 312–318.
4. Cao X., Dang Z.X., Zhang X.Z., et al. The Composite Jiamusi Terrane. Changchun: Jilin Publishing House of Science and Technology, 1992. 126 p. (in Chinese with English abstract).
5. Wilde S.A., Zhang X., Wu F. Extension of a newly identified 500 Ma metamorphic terrane in North East China: further U–Pb SHRIMP dating of the Mashan Complex, Heilongjiang Province, China // Tectonophysics. 2000. V. 328. I. 1–2. P. 115–130.
6. Luan J.P., Wang F., Xu W.L., et al. Provenance, age, and tectonic implications of Neoproterozoic strata in the Jiamusi Massif: evidence from U–Pb ages and Hf isotope compositions of detrital and magmatic zircons // Precambrian Res. 2017. V. 297. P. 19–32.
7. Yang Y., Liang C., Zheng C., et al. The metamorphic characteristics of metapelites of the Mashan Group in Mashan area, eastern Heilongjiang Province, China: Constraint on the crustal evolution of the Jiamusi Massif // Gondwana Res. 2022. V. 102. P. 299–331.
8. Yang H., Ge W.C., Zhao G.C., et al. Zircon UPb ages and geochemistry of newly discovered Neoproterozoic orthogneisses in the Mishan region, NE China: constraints on the high-grade metamorphism and tectonic affinity of the Jiamusi-Khanka Block // Lithos. 2017. V. 268–271. P. 16–31.
9. Yang H., Ge W.C., Bi J.H., et al. The Neoproterozoic-early Paleozoic evolution of the Jiamusi Block, NE China and its East Gondwana connection: geochemical and zircon U–Pb–Hf isotopic constraints from the

- Mashan Complex // *Gondwana Res.* 2018. V. 54. P. 102–121.
10. *Ge M.H., Zhang J.J., Liu K., et al.* Geochemistry and geochronology of the blueschist in the Heilongjiang complex and its implications in the late Paleozoic tectonics of eastern NE China // *Lithos.* 2016. V. 261. P. 232–249.
 11. *Zhu C.Y., Zhao G., Sun M., et al.* Detrital zircon U–Pb isotopic data for meta-sedimentary rocks from the Heilongjiang Complex, northeastern China and tectonic implications // *Lithos.* 2017. V. 282–283. P. 23–32.
 12. *Васькин А.Ф., Дымович В.А.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000. Третье поколение. Серия Дальневосточная. Лист М-53 (Хабаровск) / Ред. А.Ф. Васькин. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2009.
 13. *Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Ковач В.П. и др.* Мезозойский возраст урльской свиты амурской серии (Малохинганский террейн Центрально-Азиатского складчатого пояса): результаты изотопных U–Pb и Lu–Hf исследований детритовых цирконов // *ДАН.* 2013. Т. 453. № 4. С. 416–419.
 14. *Котов А.Б., Сорокин А.А., Сальникова Е.Б. и др.* Раннепалеозойский возраст габброидов амурского комплекса (Буря_Цзямусникий супертеррейн ЦентральноАзиатского складчатого пояса) // *ДАН.* 2009. Т. 424. № 5. С. 644–647.
 15. *Дарбинян С.С., Беляева Г.В.* Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200000. Хингано-Буреинская серия. Лист М-53-XX / Ред. М.И. Ициксон. М.: Госгеолтехиздат, 1962.
 16. *Великославинский С.Д., Глебовицкий В.А., Крылов Д.П.* Разделение силикатных осадочных и магматических пород по содержанию петрогенных элементов с помощью дискриминантного анализа // *ДАН.* 2013. Т. 453. № 3. С. 310–313.
 17. *Werner C.D.* Saxonian granulites – Igneous or lithogenous: A contribution to the geochemical diagnosis of the original rocks in high grade metamorphic complexes // *Contributions to the geology of the Saxonian granulite massif Sachsches Granulitgebirge. Mitteilungen.* 1987. V. 133. P. 221–250.
 18. *Хубанов В.Б., Буянтеев М.Д., Цыганков А.А.* U–Pb изотопное датирование цирконов из PZ₃-MZ магматических комплексов Забайкалья методом магнитно-секторной масс-спектрометрии с лазерным пробоотбором: процедура определения и сопоставление с Shrimp данными // *Геология и геофизика.* 2016. Т. 57. №1. С. 241–258.
 19. *Ludwig K.R.* Isoplot 3.6 // *Berkeley Geochronology Center Special Publication.* 2008. P. 1–77.
 20. *Hoskin P.W.O., Schaltegger U.* The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis // *Review Mineral. Geochem.* 2003. V. 53. P. 27–62.

THE FIRST DATA ON THE AGE OF METAMORPHIC ROCKS OF THE SYNCHYGA BLOCK OF THE JIAMUSI CONTINENTAL MASSIF (CENTRAL ASIAN OROGENIC BELT)

R. O. Ovchinnikov^{a, #}, Corresponding Member of the RAS A. A. Sorokin^a, W. L. Xu^b, and V. B. Khubanov^c

^a *Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Russian Federation*

^b *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun, China*

^c *Geological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russian Federation*

[#] *E-mail: Ovchinnikov@ignm.ru*

The paper presents the results of U–Th–Pb geochronological studies of zircons from metamorphic rocks of the Amur group of the Synchyga Block of the Jiamusi continental massif. It is shown that the garnet-biotite-sericite schists of the Amur group have a primary sedimentary origin. The lower depositional age of the protolith can be determined by the age of the youngest zircons from group with Neoproterozoic ages ~832 Ma. The upper age boundary of protolith, apparently, corresponds to the age of metamorphic zircons ~533 Ma. Thus, the schists of the Amur group of the Synchyga Block are of Neoproterozoic in age rather than Early Precambrian, as was accepted earlier.

Keywords: Synchyga Block, Jiamusi continental massif, metamorphic rocks