

УДК 551.25 (571.51) + 553.22

ВОЗРАСТ ГИДРОТЕРМАЛИТОВ ФЛЮИДИЗАТНО-ЭКСПЛОЗИВНОГО ПРОЦЕССА В КАРБОНАТНОЙ ТОЛЩЕ ТОРГАШИНСКОЙ ФОРМАЦИИ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

С.С. Бондина¹, С.А. Ананьев², Т.А. Ананьева³

^{1,2}Сибирский федеральный университет, 660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 79.

³Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 660049, Россия, г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, 89.

Настоящая работа посвящена исследованию возраста флюидизатно-эксплозивного процесса, наложенного в виде железистых аргиллизитов на нижнекембрийские известняки торгашинской формации (Восточный Саян). Для решения этой проблемы по слюистой фракции аргиллизитов были проведены геохронологические определения возраста $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -методом. Полученные данные по аргиллизитовым флюидолитам показывают соответствие времени формирования возрасту сиенит-граносиенитового комплекса ($\xi\text{O}_3\text{st}$), одноименная интрузия которого находится в пространственной близости с данной карбонатной толщей. Формирование аргиллизитов связано с гидротермальной стадией постмагматического процесса.

Ключевые слова: торгашинская свита; кальцитовые известняки; флюидолиты; железистые аргиллизиты; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -геохронология.

AGE OF FLUIDIZATION EXPLOSIVE PROCESS HYDROTHERMALITES IN TORGASHINO FORMATION CARBONATE STRATUM (EASTERN SAYAN)

S.S. Bondina, S.A. Ananyev, T.A. Ananyeva

Siberian Federal University, 79 Svobodny per., Krasnoyarsk, 660041, Russia.

Astafyev Krasnoyarsk State Teachers' Training University, 89 Ady Lebedevoy St., Krasnoyarsk, 660049, Russia.

This paper studies the age of the fluidization explosive process imposed in the form of ferriferous argillites on Lower-Cambrian limestones of the Torgashino formation (Eastern Sayan). In order to solve this problem geochronological determination of the absolute age was carried out on the argillite micaceous fraction with the application of the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -method. The data obtained on argillite fluidolites show the correspondence of their formation time to the age of the syenite-granosyenite Stolbovsky complex ($\xi\text{O}_3\text{st}$), the similarly-named intrusion of which is spatially close to this carbonate stratum. Argillite formation is associated with the hydrothermal stage of the post-igneous process.

Keywords: Torgashino suite; calcitic limestones; fluidolites; ferriferous argillites; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -geochronology.

Давний интерес к геологическому строению окрестностей г. Красноярска и в том числе к торгашинским известнякам [6] обусловлен доступностью района и

сложностью его геологического строения. Сведения об исследованиях, проведенных в дореволюционный период, достаточно подробно изложены

¹Бондина Светлана Сергеевна, аспирант кафедры геологии, минералогии и петрографии Института горного дела, геологии и геотехнологий, тел.: 89138371486, e-mail: svetlana.bondina@gmail.com

Bondina Svetlana, Postgraduate of the Department of Geology, Mineralogy and Petrography of the Institute of Mining, Geology and Geotechnologies, tel.: 89138371486, e-mail: svetlana.bondina@gmail.com

²Ананьев Сергей Анатольевич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии, минералогии и петрографии Института горного дела, геологии и геотехнологий, тел.: 89029272843, e-mail: sananiev@mail.ru

Ananyev Sergei, Candidate of Geology and Mineralogy, Associate Professor of the Department of Geology, Mineralogy and Petrography of the Institute of Mining, Geology and Geotechnologies, tel.: 89029272843, e-mail: sananiev@mail.ru

³Ананьева Татьяна Алексеевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры географии и методики обучения географии, тел.: 89029277376; e-mail: tananeva@mail.ru

Ananyeva Tatiana, Candidate of Geology and Mineralogy, Associate Professor of the Department of Geography and Methodology of Geography Training, tel.: 89029277376; e-mail: tananeva@mail.ru

В.А. Обручевым в книге «История геологического исследования Сибири» [4]. По его данным, первое обстоятельное исследование этой местности произвел В.К. Златковский в 1884 г. Он впервые нашел фауну в известняках у с. Торгашино, и в 1885 г. им выделена торгашинская свита. Стратотипом послужил разрез Торгашинского хребта. Здесь отложения свиты занимают значительную площадь и слагают как осевую часть хребта, так и его склоны. Найденную в известняках фауну первоначально определяли как девонскую («кораллы плохой сохранности»), однако позднее Э.В. Толль пришел к выводу о ее принадлежности к археоциатам, и торгашинские известняки по возрасту были отнесены к кембрию.

В 1917 г. вышла статья В.А. Обручева [5], которая положила начало многолетней дискуссии о границе кембрия и протерозоя в северо-западной части Восточного Саяна. В своей статье В.А. Обручев сделал вывод о наличии крупного несогласия в основании торгашинских известняков, что не нашло подтверждения геологическим картированием 1960-х гг.

В 1929–1930 гг. геологическую съемку северной части Красноярского края проводил Ю.А. Кузнецов. Фактически именно Ю.А. Кузнецовым впервые была составлена схема стратиграфии и магматизма Красноярского района, которая в основных своих чертах (в первую очередь, в отношении вещественного состава и возрастной последовательности подразделений) вошла в современную серийную легенду.

К середине 1970-х гг. сформировалось представление [3], что известняки торгашинской свиты представляют сложно построенное органогенное сооружение, которое может рассматриваться как рифовый комплекс, состоящий из более мелких элементарных органогенных построек (биогермов и биостромов) и сопутствующих им брекчиевых и слоистых известняков, общая

мощность свиты достигает 900–1000 м. Торгашинская свита (*Є_{1tr}*) охарактеризована очень большим числом родов и видов археоциат и других групп ископаемых организмов, представленных комплексами различных горизонтов атдабанского, ботомского и тойонского ярусов нижнего кембрия.

Известняки Торгашинского хребта в основной своей массе удовлетворяют требованиям промышленности к цементному сырью. Поэтому на северных склонах этого хребта на нескольких участках были проведены поисково-разведочные работы на цементное сырье и заложены карьеры, которые в первую очередь являются сырьевой базой Красноярского цементного завода для производства портланд-цемента высших марок.

Торгашинское месторождение известняков находится в пределах Красноярского антиклинория в северо-западной части Восточного Саяна и расположено в поле распространения торгашинской и шахматовской свит нижнего кембрия, слагающих единую карбонатную толщу (рис. 1), налегающую на унгутскую свиту. Общая площадь распространения толщи на водоразделе рек Енисея и Базаихи составляет около 50 км². Она сложена в основном известняками с линзами и прослоями доломитовых известняков и доломитов с единичными прослоями брекчированных известняков, алевролитов, песчаников. Как было показано выше, известняки вскрыты несколькими карьерами, действующими из которых к настоящему времени являются «Черный мыс» и карьер Химико-металлургического завода. Рельеф местности здесь предгорный с высотными отметками вершин до 616 м и относительными превышениями до 400 м.

Интерес к торгашинским известнякам возобновился в связи с обнаружением в карьерах в середине 1980-х гг. И.С. Захаржевским – геологом Геологосъемочной экспедиции Красноярского геологического управления (КГУ) – жил

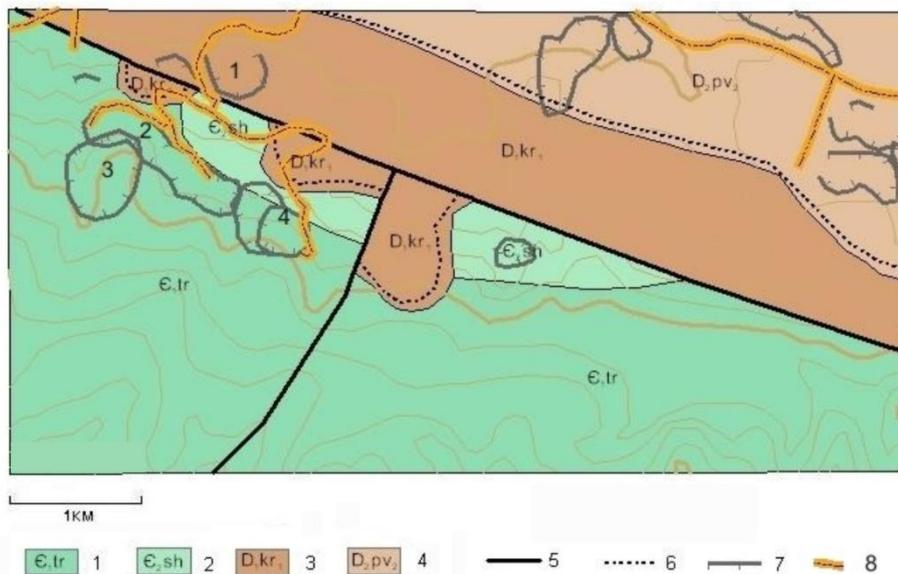


Рис. 1. Геологическая карта Торгашинской площади [6]:

1 – торгашинская свита; 2 – шахматовская свита; 3 – карымовская свита (нижнекарымовская под-свита); 4 – павловская свита (нижнепавловская подсвита); 5 – разрывные нарушения; 6 – несогласия; 7 – контуры карьеров; 8 – дороги.

Карьеры: 1 – «Увал Промартели»; 2 – «Цветущий лог»; 3 – «Черный мыс»; 4 – карьер Химико-металлургического завода

кальцитового оникса. Проверка поданной им заявки в период 1984–1986 гг. геологами Камнесамоцветной партии Комплексной тематической экспедиции КГУ позволила обнаружить жильные тела кальцитового оникса, была установлена их высокая декоративность, оценены их ресурсы.

Одной из особенностей торгашинских известняков является наложенная красноцветность. В уступах карьеров они имеют красновато-коричневую, коричневую, бурую окраску с вариацией цвета от светлого до темного разной интенсивности. Однако изучение обнажений показало, что известняк окрашен ожелезненным аргиллизитом, заполняющим все проницаемые пути от тончайших трещин до жильных тел, часть которых может содержать кальцитовые ониксы и зоны дробления [1]. Сами же известняки скрыто-мелкозернистые серые, с оттенками различных тонов – от обычных светло-серых до более редких темно-серых. Текстура породы массивная, пятнистая, иногда брекчиевидная и довольно редко неотчетливо-слоистая.

Такие текстуры характерны для известняков сложного рифогенно-хемогенного генезиса.

Исследования последних лет [1, 10] показали, что в толще торгашинских известняков широко развиты продукты флюидизатно-эксплозивного происхождения. Они представлены флюидолитами двух основных типов. Первый тип представлен крупнообломочными породами – средними и крупными псефитами с округлой формой обломков, находящихся в псаммит-алеврит-пелитовом матриксе. Состав матрикса меняется от карбонатного при более крупной размерности до аргиллизитового в глинистой фракции. Данный тип флюидолитов слагает крупные секущие зоны. Наблюдения в бортах карьеров и в скважинах позволили установить, что мощность их варьирует от первых до 50 м, протяженность – от десятков до 200 м. Чем больше в составе флюидолита железистого аргиллизита, тем ярче они выделяются красно-коричневым цветом на фоне вмещающих известняков.

Второй тип флюидолитов представлен железистыми аргиллизитами

кварц-каолинитового состава. Они выполняют более мелкие трещинные структуры, проникая даже тончайшие полости. Традиционно аргиллизация осуществляется путем метасоматического замещения пород. Однако в данном случае известняки не замещаются, а импрегнируются глинистыми продуктами. Этот процесс носил длительный стадийный характер. В аргиллизитовых телах путем низкотемпературного гидротермального процесса формировались жилы кальцитового оникса, а при последующих деформациях карбонатной толщи перемещающиеся аргиллизитовые массы поглощали и цементировали обломки известняка, оникса и кристаллы друзового кальцита [2].

Важным вопросом являлся возраст флюидизатно-эксплозивного процесса, наложенного на нижнекембрийские известняки. В ряде работ его связывали с этапом среднепалеозойской (O_1-S_2) тектоно-магматической активизации региона [9, 10].

Характеристика образцов и методики исследования. Изучение минерализации аргиллизитов (18 проб) после кислотного растворения кальцита методом количественного РФА выявило следующий состав (вес. %) ($n/x_{min}-x_{max}/x_{сред.}$): кварц (18/43,7–71,1/58,2), каолинит (18/9,9–47,2/29,5), мусковит (17/1,44–8,13/4,16), иллит (15/1,14–9,22/4,65), гематит (18/0,54–4,65/2,55), анатаз (18/0,38–1,06/0,71), сидерит (11/0,34–1,85/0,65), кальцит (5/0,18–1,26/0,74), рутил (4/1,23–2,32/1,59), лизардит (2/1,20–1,52/1,36), магнетит (2/0,28–0,59/0,44).

Изотопное датирование слюдиной фракции аргиллизитов проводилось в Лаборатории изотопно-аналитической геохимии ИГМ СО РАН $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -методом ступенчатого прогрева, описанным в работе [8]. Минеральные фракции для исследований были завернуты в алюминиевую фольгу и запаяны после дегазации в кварцевые ампулы. Облучение проводилось в кадмированном канале исследовательского реактора ФТИ ТПУ

(г. Томск). В качестве мониторов использовались навески стандартных образцов биотита МСА-11 и LP-6. Нейтронный градиент не превышал 0,5% на размере образца. Эксперименты по ступенчатому прогреву проводились в кварцевом реакторе с печью внешнего прогрева. Выделенные газы очищались с помощью двух последовательных ZrAl-SAES-геттеров. Измерения изотопного состава аргона проводились на масс-спектрометре Micromass 5400. Холостой опыт установки ступенчатого прогрева по ^{40}Ar не превышал $n \cdot 10^{-10}$ нсм³.

Результаты исследований и их обсуждение. В возрастном спектре слюды выделяется четкое плато из трех ступеней (рис. 2), характеризующееся 75,4% выделенного ^{39}Ar и значением возраста $458,1 \pm 5,8$ млн лет. Если учитывать низкотемпературный характер гидротермального процесса, полученная датировка соответствует времени формирования слюды.

Изотопное датирование аргиллизитовых флюидолитов показывает соответствие времени их формирования возрасту сиенит-граносиенитового столбовского комплекса (ξO_{3st}). Он впервые выделен в 1932 г. Ю.А. Кузнецовым. Петротипом комплекса является Столбовский массив, который находится в непосредственной близости с толщами торгашинских известняков на левобережье р. Базаихи. В современном эрозионном срезе он представляет тело овальной в плане формы площадью около 40 км².

Тектоно-магматическая активизация региона этого времени началась в среднем ордовике и связана с проявлением базальтоидного и трахибазальтоидного вулканизма имирского вулканического комплекса ($O_{2-3 im}$), проявившегося в пределах Качинско-Шумихинской депрессии в северо-западном обрамлении складчатой системы Восточного Саяна. В этот же этап тектонического развития произошло становление сиенитовой интрузии столбовского комплекса [2]. Позднеордовикский возраст столбовского комплекса определяется как по

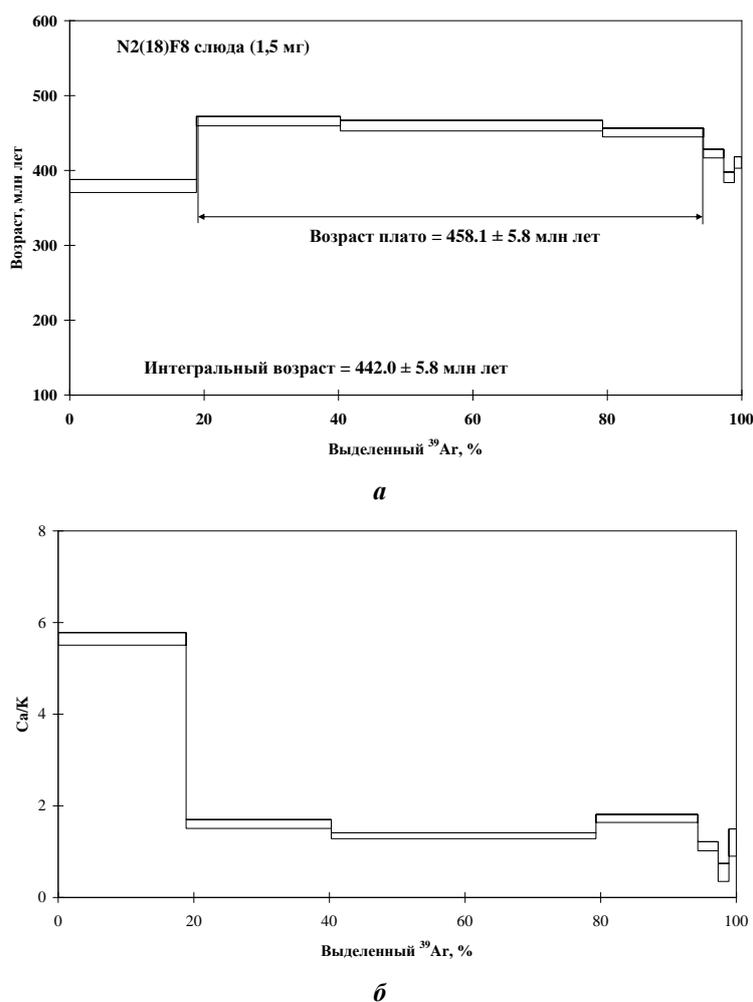


Рис. 2. Спектры слюдистой фракции аргиллизита:
 а – возрастной; б – Ca/K

прорыву комагматических эффузивов имирской свиты, так и на основании имеющихся радиоизотопных датировок: для Столбовского массива – U-Pb 449 ± 3 и 451 млн лет, K-Ar 469 млн лет [7]. Аргиллизация, по нашему мнению, связана с постмагматической – гидротермальной стадией развития интрузивов данного магматического комплекса.

Вышеприведенные исследования показывают, что глинистые флюидолиты в торгашинских известняках являются типичными железистыми аргиллизитами кварц-каолинитового парагенезиса. Можно утверждать, что спусковым механизмом для их формирования в торгашинских известняках послужила тектоническая активизация верхнеордовикского возраста. В результате декомпрес-

сии многочисленных трещинных структур и зон дробления многократно происходило внедрение напорных низкотемпературных гидротерм. Этот процесс носил флюидизатно-эксплозивный характер, по механизму напоминающий грязевый вулканизм [2]. Его развитие привело к формированию различных типов гидротермалитов. Аргиллизацией затронута значительная по масштабам толща торгашинских известняков. Однако обращает на себя внимание факт того, что карбонатные породы нижележащей унгутской (ϵ_{1un}) и перекрывающей шахматовской (ϵ_{2sh}) свит совершенно не затронуты подобным процессом. Это может быть объяснено тем, что толща торгашинских известняков слагает тектоническую пластину, и это находит подтверждение в наличии надвиговых структур,

на которые ранее в своих работах [6, 10] указывали авторы данной публикации.

Выводы. Результатом изотопного датирования ожелезненных аргиллизитов, импрегнирующих известняки торгашинской свиты (ϵ_{1tr}), стало установление их абсолютного возраста. Возраст мусковита*, выделенного из аргиллизитов и послужившего объектом изотопных исследований, составляет $458,1 \pm 5,8$ млн лет, что соответствует времени формирования сиенит-граносиенитового столбовского комплекса (ξO_{3st}), находящегося в непосредственной пространственной близости от локализации карбонатной толщи.

Исследования выполнены при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. Соглашение № 14.В37.21.062 по теме «Гидротермалиты и флюидолиты в толще Торгашинской карбонатной формации (Восточный Саян)».

Библиографический список

1. Бондина С.С., Ананьев С.А., Ананьева Т.А. Сферолиты жильного типа в известняках Торгашинского месторождения – новый тип кальцитовых ониксов // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2013. № 4 (26). С. 235–238.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Лист №-46 (47) – Абакан. Объяснительная записка. Спб: ВСЕГЕИ, 2000. 295 с.
3. Задорожная Н.М. Раннекембрийские органогенные постройки восточной части Алтае-Саянской складчатой области // Среда и жизнь в геологическом прошлом (палеоэкологические проблемы). Новосибирск: Наука. 1974. С. 159–186.
4. Обручев В.А. История геологического исследования Сибири. Спб.: Ленгорлит, 1933. 230 с.
5. Обручев В.А. О торгашинском известняке и енисейской свите // Геологический вестник. 1917. Т. 3. № 1–6. С. 27–28.
6. Путеводитель по геологическим маршрутам в окрестностях г. Красноярска / А.М. Сазонов, Р.А. Цыкин, С.А. Ананьев, О.Ю. Перфилова, М.Л. Махлаев, О.В. Сосновская. Красноярск: Изд-во СФУ, 2010. 212 с.
7. Рублев А.Г., Шергина Ю.П. Ордовикский магматизм Восточного Саяна, Минусы и Кузнецкого Алатау // Геология и полезные ископаемые Красноярского края и республики Хакасии. Красноярск: Изд-во ФГУ ГП «Красноярскгеолсъемка», 1996. Вып. 3. С. 58–63.
8. Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхонский регион, Западное Прибайкалье) / А.В. Травин, Д.С. Юдин, А.Г. Владимиров, С.В. Хромых, Н.И. Волкова, А.С. Мехоношин, Т.Б. Колотилина // Геохимия. 2009. Т. 11. С. 1181–1199.
9. Цыкин Р.А. Структурно-геологические особенности кембрийской карбонатной толщи Торгашинской площади // Геология и полезные ископаемые Красноярского края и Республики Хакасии. Красноярск: Изд-во ФГУ ГП «Красноярскгеолсъемка», 2003. Вып. 6. С. 192–196.
10. Цыкин Р.А., Бондина С.С., Ананьев С.А. Флюидолиты и другие гидротермалиты Торгашинской карбонатной формации нижнего кембрия (Восточный Саян) // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2012. № 3 (21). С. 332–339.

Статья поступила 14.05.2015 г.

* В статье не уточнена природа мусковита (прим. редколлегии).