

УДК 549.752.143 (551.1)

ОБЛОМОЧНЫЙ МОНАЦИТ ИЗ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ФРОЛОВСКОЙ МЕГАВПАДИНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ХИМИЧЕСКОЕ ДАТИРОВАНИЕ И ИСТОЧНИКИ СНОСА)

© 2019 г. Ю. В. Ерохин*, В. В. Хиллер**, К. С. Иванов***

*Институт геологии и геохимии им. А. Н. Заварицкого УрО РАН
620016 Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15*

**E-mail: erokhin-yu@yandex.ru*

***E-mail: hilvervit@mail.ru*

****E-mail: ivanovks@igg.uran.ru*

Поступила в редакцию 02.08.2016 г.

Проведено изучение обломочного монацита из верхнеюрских отложений центральной части Фроловской мегавпадины Западно-Сибирского мегабассейна. Изучен химический состав минерала и получены данные о его возрасте (методом химического датирования). Значительная часть обломков монацита характеризуется слабой окатанностью и по возрасту соответствует нижнему палеозою. Вероятно, материнскими породами для верхнеюрских отложений являлись не только местные раннепалеозойские комплексы (алтаиды) слагающие доюрское основание Фроловской мегавпадины, но также расположенные восточнее и южнее этой мегавпадины.

Ключевые слова: *Западная Сибирь, верхнеюрские отложения, обломочный монацит, химическое датирование.*

DOI: 10.31857/S0024-497X20193278-290

Нами изучен вещественный состав верхнеюрских отложений (баженовская и абалакская свиты) центральной части Фроловской мегавпадины Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна. Район исследований включал: Ляминский нефтегазоносный район (НГР), восточные части Красноленинского и Сергинского НГР, южную часть Казымского НГР и небольшой северо-западный фрагмент Приобской НГР. Всего было отобрано 700 образцов верхнеюрских отложений из керна 12 поисково-разведочных скважин (рис. 1), проведены детальные минералого-геохимические и петрохимические исследования. С помощью микроанализатора САМЕСА SX 100 (ИГГ УрО РАН) изучен состав большинства обломочных (аллотигенных) и аутигенных минералов, а также выполнен рентгенофазовый и термический анализ всех имеющихся образцов, часть результатов вошла в коллективную обобщающую статью [Волков и др., 2015]. В настоящей работе приво-

дятся результаты изучения обломочного монацита из верхнеюрских отложений Фроловской мегавпадины.

ГЕОЛОГО-ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ФРОЛОВСКОЙ МЕГАВПАДИНЫ

Фроловская мегавпадина расположена между крупными региональными структурами — Красноленинским и Сургутским сводами, имеет ширину около 150 км и протягивается с юга на север на расстояние около 200 км; северная ее часть постепенно переходит в Западно-Ярудейскую мегавпадину, отделяясь от последней Помутской мегатеррассой. Значительная часть площади Фроловской мегавпадины занята отрицательными структурами, их формирование в доюрское время сопровождалось относительно слабыми (по сравнению с соседними сводовыми территориями) проявлениями вулканизма. Для впадины характерно залегание

а

б

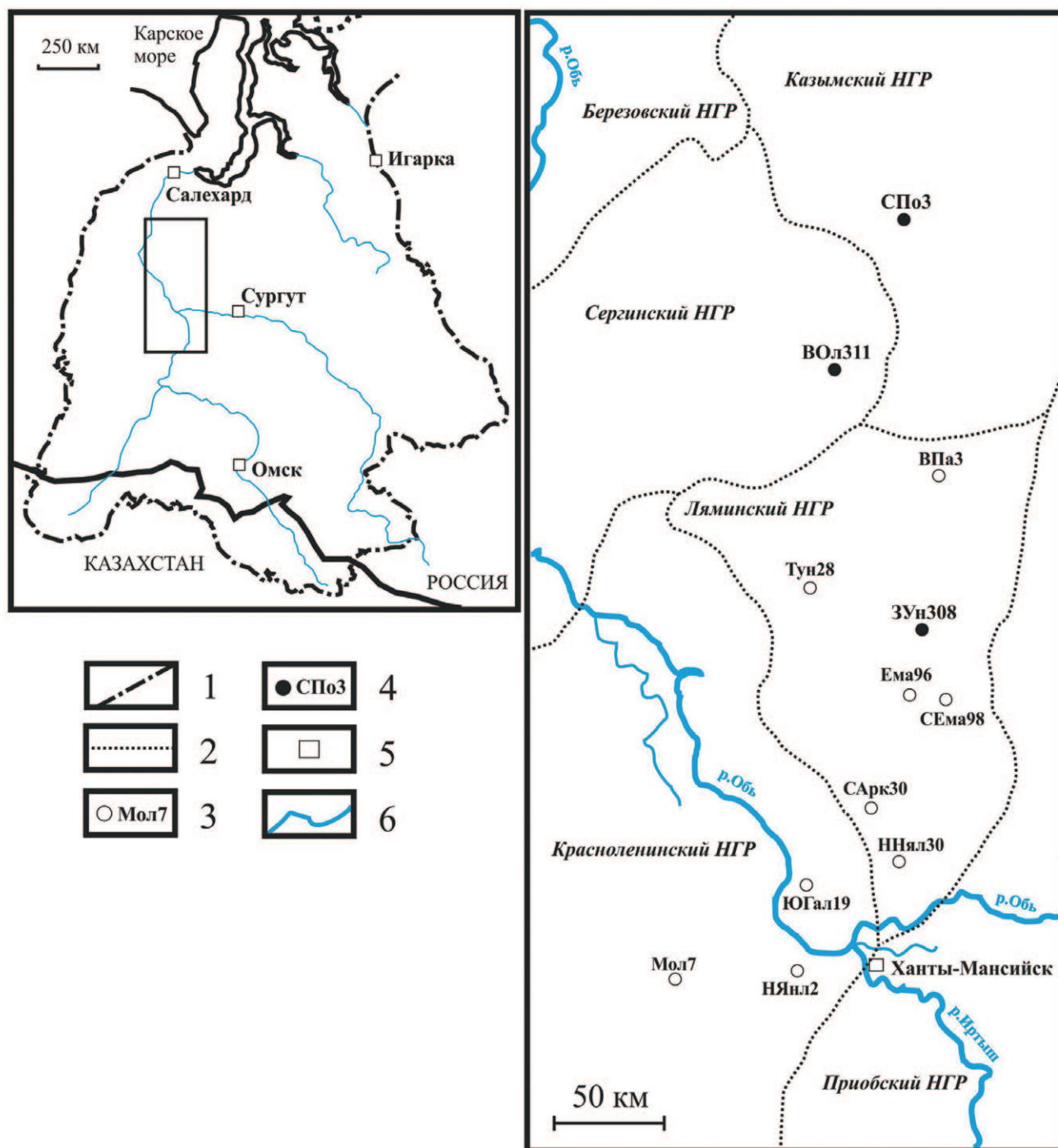


Рис. 1. Расположение изученных скважин в пределах Западно-Сибирской плиты.
 а — схема Западно-Сибирской плиты с участком работ во Фроловской мегавпадине, б — укрупненный масштаб.
 1 — граница Западно-Сибирской плиты, 2 — границы нефтегазовых районов (НГР), 3 — скважины, вскрывающие отложения без обломочного монацита (Тун28 — Тункорская 28, ВПа3 — Восточно-Панлорская 3, Ема96 — Емангальская 96, СЕма98 — Средне-Емангальская 98, САрк30 — Северо-Аркановская 30, ННял30 — Ново-Нялинская 30, ЮГал19 — Южно-Гальяновская 19, НЯнл2 — Нижне-Янлотская 2, Мол7 — Молодежная 7), 4 — скважины, вскрывающие отложения с обломочным монацитом (СПо3 — Средне-Помутская 3, ЗУн308 — Западно-Унлорская 308, ВОл311 — Восточно-Ольховская 311), 5 — города, 6 — реки.

юрских терригенных отложений на палеозойских карбонатных и терригенно-карбонатных породах карбон-девонского возраста. Прогибание Фроловской мегавпадины происходило на протяжении более 40 млн лет, начиная с келловейского и заканчивая готеривским веком. В позднеготеривско-барремское время дальнейшее прогибание мегавпадины сопровождалось интенсивным заполнением осадками [Белоусов и др., 2003].

Верхнеюрские отложения в пределах Фроловской мегавпадины представлены тремя свитами — абалакской, баженовской и тутлеймской. Причем, между двумя последними свитами не существует резкой латеральной границы и выделяются переходные типы разрезов. Нами исследовались только абалакская и баженовская свиты. Эти отложения (суммарной мощностью до 50–60 м) обычно представлены разнообразными кремнисто-карбонатно-глинистыми породами с различной степенью битуминозности: для баженовской свиты характерно высокое обогащение органическим веществом (ОМ), а для абалакской — низкое [Белоусов и др., 2003; Волков и др., 2015; Лебедев и др., 1979 и др.]. По особенностям минералогического состава, в верхнеюрских отложениях (баженовской и абалакской свитах) Фроловской мегавпадины выделено шесть литотипов пород: силициты слабоглинистые, силициты глинистые и известково-глинистые, аргиллиты кремнистые, аргиллиты известково-кремнистые и кремнисто-известковистые, мергели, известняки и доломиты [Волков и др., 2015].

По данным литолого-петрографических исследований керн, в разрезах абалакской и баженовской свит выделяется по 5 пачек, различающихся по литологическому составу пород. Отложения абалакской свиты представлены, в основном, серыми аргиллитами с высоким содержанием примеси глауконита. При движении вверх по разрезу свиты общее содержание глинистых минералов в аргиллитах уменьшается, и одновременно возрастает количество кремнезема. На отдельных уровнях в аргиллитовой пачке встречаются прослои известковистых пород. Для отложений абалакской свиты характерны низкие концентрации органического

углерода, в среднем не превышающее 2–3%. Баженовская свита образована переслаиванием аргиллитов с глинисто-карбонатными и кремнистыми породами. В нижней части свиты содержание кремнистого вещества максимальное, а в верхней — количество кремнезема в породах заметно уменьшается. Кроме повышенных содержаний кремнезема, для нижней части баженовской свиты характерно присутствие прослоев глинисто-карбонатных пород. Содержание органического углерода в породах баженовской свиты при движении снизу вверх по разрезу увеличивается — от 5 до 13% [Волков и др., 2015]. Отложение верхнеюрских осадков происходило в морских условиях, при этом в осевой части Фроловской мегавпадины глубина моря составляла 500–600 м, а в прибрежной — 200–400 м [Белоусов и др., 2003].

Источником обломочных компонентов для верхнеюрских отложений послужили окружающие Фроловскую мегавпадину комплексы палеозойских пород. Многие исследователи [Ушатинский, Харин, 1985; Дорофеева и др., 1992; Конторович и др., 1998 и др.] считают, что распределение биогенного и терригенного вещества в породах баженовской свиты зональное и имеет концентрический характер, т.к. границы зон примерно параллельны внешнему контуру мегавпадины. Концентрации кремневого и органического вещества максимальны в центральной части палеобассейна (в Салымском и Сургутском районах) и закономерно убывают к его периферии, тогда как содержание глинистого материала в породах, напротив, возрастает в направлении от центра к окраинам.

Источником обломочных компонентов для верхнеюрских отложений Фроловской мегавпадины, по-видимому, служили доюрские породы, однако сведения об их присутствии в районе исследований крайне скудны. Так, породы доюрского комплекса в центральной части Фроловской мегавпадины были вскрыты в 76 скважинах, однако не все они были изучены. Мощность доюрских пород, выявленных при бурении, варьирует от 33 до 246 м, согласно [Гилязова и др., 2009], однако, сведения о строении доюрских комплексов и их разрезы в этой работе не приводятся, хотя и упоминается, что

в основном они представлены гранитоидами, вулканитами и очень редко — рифогенными карбонатными образованиями. Первые детальные исследования гранитоидов доюрского фундамента Фроловской мегавпадины были проведены нами [Иванов и др., 2013].

По материалам глубинного сейсмического зондирования, мощность земной коры в пределах территории мегавпадины составляет около 32–36 км, толща осложнена сквозными разломами, падающими в восточном направлении. На карте гравитационных аномалий через осевую часть впадины проходит мощная ослабленная зона, уходящая корнями в мантию [Песковский, 1992].

МЕТОД ХИМИЧЕСКОГО МИКРОЗОНДОВОГО ДАТИРОВАНИЯ

Нами в верхнеюрских отложениях были установлены обломочные монациты. Определение их возраста проведено с помощью метода химического микрозондового датирования. При этом мы не смогли применить широко используемые в геологии изотопные методы исследования [Костоянов и др., 2007 и др.], т.к. для изучения имели незначительное количество вещества. Очевидно, что в ряде случаев (например, при крайней ограниченности материала из керн на глубоких скважин, который в данном исследовании представлен образцами, диаметром всего 3–4 см) невозможно обойтись без привлечения метода химического микрозондового датирования.

В последние годы, в связи с развитием методики проведения микрозондового анализа и созданием программ количественной обработки аналитических данных, получил новый импульс в своем развитии метод химического датирования U-Th-Pb-содержащих минералов: монацита, уранинита, циркона, ксенотима, титанита и др., известный в литературе как метод CHIME (chemical Th-U-total Pb isochron method). Возрастающая популярность метода, сопровождающаяся ростом числа соответствующих публикаций, обусловлена возможностями его реализации на уже имеющихся во многих лабораториях электронно-

зондовых микроанализаторах и сканирующих электронных микроскопах с микрозондовой приставкой.

Теоретические основы методики CHIME обоснованы в работах [Suzuki et al., 1991; Montel et al., 1996; Williams et al., 1999; Jercinovic, Williams, 2005; Suzuki, Kato, 2008 и др.]; при этом во многих публикациях отмечалась удовлетворительная сходимости результатов химического датирования с изотопными данными [Dahl et al., 2005; Suzuki, Kato, 2008; Иванов и др., 2010; Хиллер и др., 2015 и др.]. Отметим, что авторы указанных выше работ не противопоставляют метод CHIME методам изотопной геохронологии, а рассматривают его в качестве дополнения, а иногда и как единственно возможный способ оценки возраста минерала или породы. В основе метода лежат три основных допущения: первое — весь свинец в минерале имеет радиогенную природу; второе — за 100 млн лет концентрация свинца достигает уровня, определение которого соответствует возможностям электронно-зондового микроанализатора; третье — U-Th-Pb-система в каждом отдельном минерале является “закрытой”, т.е. можно пренебречь диффузионными процессами (потерями). При химическом датировании используется уравнение распада материнских изотопов и радиационного накопления радиогенного свинца [Montel et al., 1996 и др.]. Наиболее часто среди U-Th-Pb-содержащих минералов для химического изохронного датирования используется монацит — безводный фосфат редкоземельных элементов, который в качестве акцессорного минерала встречается практически во всех кислых и щелочных магматических породах, а также в метаморфических и метасоматических породах. При этом, как минерал, устойчивый в гипергенных условиях, он может накапливаться также и в осадочных породах. Кристаллохимическая структура монацита характеризуется высокой степенью изоморфизма, что характерно как для позиций лантаноидов, так и для позиций фосфора, частично замещаемых различными примесями — до 20–25 элементов (REE, Th, U, Y, Zr, Ca, Si, S и др.). Иногда в монацитах содержание ThO₂ и UO₂ бывает достаточно высоким для

того, чтобы в нем происходило заметное накопление радиогенного свинца.

Химический состав монацитов из верхнеюрских отложений Фроловской мегавпадины исследован на микроанализаторе САМЕСА SX 100 (ИГГ УрО РАН). Анализы проводились при высокой силе тока 250–270 нА и ускоряющем напряжении 15 кВ, время анализа в одной точке составляло 8–10 мин. Расчет возраста производился по формулам из публикации [Montel et al., 1996] с использованием собственных программных разработок [Хиллер, 2010].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Обнаруженные обломки монацитов характеризуются мелкими размерами (не более 25 мкм) и достаточно хорошей сохранностью. Часто фосфаты бывают покрыты каймами твердых углеводов (вероятно, продуктами химического взаимодействия фосфатного и органического вещества), что защищает зерна от вторичных изменений. Хорошая сохранность монацита позволила не только проанализировать химический состав, но и оценить возраст и, соответственно, источники пород, в результате разрушения которых сформировались верхнеюрские отложения Фроловской мегавпадины. При изучении керна 12 поисково-разведочных скважин, обломочный монацит был обнаружен нами только в трех скважинах: Средне-Помутская 3, Восточно-Ольховская 311 и Западно-Унлорская 308.

Средне-Помутская площадь, скв. 3, глубина 2732.5 м. Монацит в образце битуминозного аргиллита присутствует в виде очень мелких (до 10 мкм) изометричных обломков. Фосфат окружен тонкой каймой твердого углеводородного вещества, которое не плавится под воздействием электронного пучка. Минерал представлен цериевой разновидностью с невысоким содержанием тория, в которой ThO_2 не превышает 3.63 мас. % (табл. 1, ан. 1–3); также в виде примесей установлены: кремний, иттрий и кальций, а уран — практически отсутствует. Сумма анализа близка к 100%, что свидетельствует о крайне слабых вторичных изменениях фосфатного вещества в минерале. Полученные значе-

ния возраста укладываются в достаточно узкий интервал — от 370 до 388 млн лет. Высокая погрешность определения возраста объясняется, в первую очередь, низким измеренным содержанием свинца — не более 0.06 мас. %.

Средне-Помутская площадь, скв. 3, глубина 2778.4 м. Монацит в образце битуминозного аргиллита обнаружен в виде мелких изометричных и короткопризматических обломков длиной до 20 мкм. Зерна фосфатов окружены тонкой каймой твердых углеводов (рис. 2а, б), которая не плавится под воздействием электронного пучка. Обломки монацита не имеют признаков окатанности и, по-видимому, были переотложены на незначительном расстоянии от разрушающихся коренных пород (источников сноса). Монациты представлены цериевой разновидностью, однако различаются по содержанию тория. В некоторых обломках содержание ThO_2 достигает 12–15 мас. % (см. табл. 1, ан. 4–5), тогда как в других тория значительно меньше — до 4.5 мас. % ThO_2 (см. табл. 1, ан. 6–11). В качестве примесей также присутствуют кремний, иттрий и уран. Следует отметить, что в низкоториевых разновидностях монацита практически нет кремнезема, однако концентрация урана в них заметно повышена (до 1 мас. % UO_2). В высокоториевых фосфатах количество кремнезема достигает 2.2 мас. % SiO_2 , тогда как урана в них значительно меньше (0.4–0.5 мас. % UO_2).

Полученные нами для обломков монацита значения возраста отчетливо подразделяются на две группы: значения 241–276 млн лет характерны для высокоториевого монацита, а 401–429 млн лет — для низкоториевого монацита. Для результатов характерна нормальная погрешность рассчитанного возраста, т. к. измеренные содержания свинца в образцах этой группы относительно высокие — до 0.11–0.13 мас. %.

Восточно-Ольховская площадь, скв. 311, глубина 2776.68 м. Монацит в образце алевролита присутствует в виде мелких (до 20–25 мкм), слабо окатанных обломков кристаллов короткопризматического облика (см. рис. 2в, г). Углеводородные каймы вокруг зерен фосфата не были

Таблица 1. Химический состав (в мас. %) и возраст монацита в верхнеюрских отложениях Средне-Помутской площади (скв. 3)

Глубина, м	2732.5			2778.4							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Окислы											
ThO ₂	3.47	3.06	3.63	14.93	12.26	4.47	4.43	3.62	3.57	4.24	3.85
UO ₂	0.05	0.03	0.06	0.53	0.39	1.01	0.96	0.78	0.87	0.96	0.96
PbO	0.06	0.05	0.06	0.17	0.16	0.13	0.13	0.11	0.11	0.13	0.13
P ₂ O ₅	29.92	29.70	29.34	27.37	27.68	30.35	29.99	30.63	30.40	30.52	30.15
Ce ₂ O ₃	31.42	29.62	31.26	16.22	22.63	27.35	27.15	28.47	28.11	28.16	27.45
La ₂ O ₃	18.91	19.73	18.99	10.46	8.81	14.03	13.89	13.72	13.94	14.43	13.85
Nd ₂ O ₃	8.44	8.93	8.86	14.39	11.86	11.52	11.80	12.01	12.25	11.71	11.99
Pr ₂ O ₃	2.49	2.34	2.49	3.45	2.92	2.99	2.95	2.96	3.16	2.90	3.17
Sm ₂ O ₃	0.81	0.98	0.96	3.93	3.33	1.76	1.94	1.91	2.01	1.90	1.99
Gd ₂ O ₃	0.48	0.51	0.54	2.59	2.21	1.67	1.75	1.62	1.70	1.76	1.77
Dy ₂ O ₃	0.12	0.05	0.10	0.79	0.63	0.73	0.67	0.57	0.62	0.75	0.67
SiO ₂	2.04	2.99	0.99	2.20	2.20	0.23	0.23	0.16	0.18	0.22	0.23
Y ₂ O ₃	0.39	0.28	0.40	2.28	2.10	2.28	2.29	2.17	2.18	2.14	2.28
CaO	0.32	0.31	0.32	1.26	1.14	0.96	0.97	0.84	0.81	0.95	0.90
Сумма	98.91	98.56	98.01	100.57	98.32	99.47	99.14	99.56	99.92	100.76	99.39
Возраст, млн лет	388	370	387	241	276	408	401	410	417	419	429
±	65	75	63	17	20	32	33	39	38	34	35

Примечание. Здесь и далее — анализы выполнены в ИГГ УрО РАН на микроанализаторе CAMECA SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

обнаружены. Все исследованные обломки представлены цериевой разновидностью монацита и характеризуются практически одинаковым составом (табл. 2). Содержание ThO₂ в монаците относительно невысокое и варьирует в пределах 2.8–4.5 мас. %, при этом количество урана не превышает 0.5 мас. % UO₂. В качестве примесей также присутствуют кремний (не более 0.6 мас. % SiO₂), иттрий (до 2 мас. % Y₂O₃) и кальций (не более 0.8 мас. % CaO). Полученные для обломков монацита значения возраста находятся в пределах интервала 454–517 млн лет, т. е. охватывают ордовик и, частично, наиболее поздний кембрий. Если рассматривать доверительные интервалы возраста, то возраст исследованных монацитов можно определить как нижнеордовикский (средневзвешенный возраст всех обломков составляет 484±15 млн лет при

среднеквадратичном отклонении 0.59 и вероятности 0.82). Для всех результатов анализа отмечается относительно высокая погрешность рассчитанного возраста, т.к. содержания измеренного свинца невысокие и не превышают 0.11 мас. %.

Западно-Унлорская площадь, скв. 308, глубина 2762.43 м. Монацит в исследованном образце алевритового аргиллита обнаружен в виде мелких (до 15 мкм) изометричных обломков и зерен с ромбовидным сечением (см. рис. 2д, е) Угледородные каймы вокруг зерен фосфата не были обнаружены. Обломки монацита не имеют признаков окатанности и, вероятно, переотлагались недалеко от разрушающихся коренных пород (источников сноса). Монацит представлен цериевой разновидностью, однако характери-

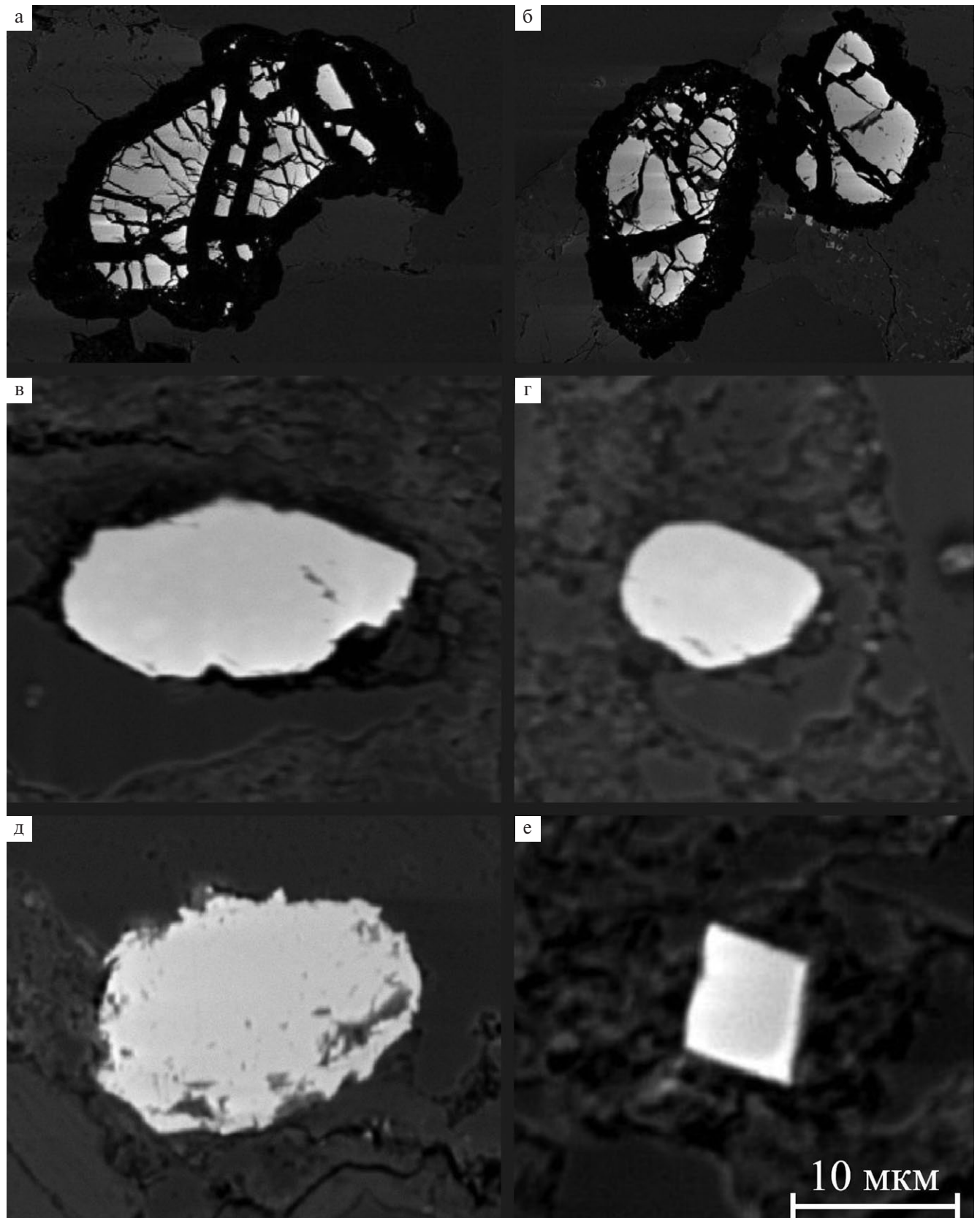


Рис. 2. Зерна обломочного монацита в матрице верхнеюрских осадочных пород Фроловской мегавпадины. а, б — скв. СПо 3/2778.4 м; в, г — скв. ВОл 311/2776.68 м; д, е — скв. ЗУн 308/2762.43 м. Фото в обратных электронах, микроанализатор CAMECA SX 100.

Таблица 2. Химический состав (в мас. %) и возраст монацита в верхнеюрских отложениях Восточно-Ольховской площади (скв. 311, гл. 2776.68 м)

Окислы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ThO ₂	3.49	3.81	3.29	3.91	3.18	3.72	4.54	3.54	4.16	2.79	3.03
UO ₂	0.40	0.27	0.48	0.21	0.48	0.48	0.22	0.20	0.20	0.18	0.34
PbO	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.11	0.11	0.09	0.10	0.07	0.09
P ₂ O ₅	30.61	29.84	30.69	30.18	30.21	30.74	29.78	30.16	30.03	30.10	30.43
Ce ₂ O ₃	28.50	28.22	28.51	28.15	28.62	27.74	28.09	28.43	27.94	29.08	28.22
La ₂ O ₃	13.56	12.54	13.75	11.46	13.55	13.24	11.86	12.76	11.93	14.15	13.56
Nd ₂ O ₃	12.58	13.12	12.79	13.94	12.82	12.94	13.63	13.41	13.91	12.81	12.86
Pr ₂ O ₃	3.10	3.27	3.17	3.31	2.92	3.10	3.19	3.33	3.30	3.11	3.18
Sm ₂ O ₃	2.23	2.33	2.35	2.63	2.25	2.36	2.49	2.30	2.58	2.19	2.20
Gd ₂ O ₃	1.76	2.05	1.59	2.18	1.69	1.80	2.07	1.93	2.14	1.83	1.90
Dy ₂ O ₃	0.54	0.63	0.47	0.71	0.50	0.63	0.69	0.68	0.62	0.63	0.68
SiO ₂	0.16	0.63	0.25	0.44	0.30	0.16	0.50	0.38	0.51	0.27	0.21
Y ₂ O ₃	1.76	1.72	1.46	1.78	1.28	2.00	1.77	1.75	1.71	1.72	2.07
CaO	0.78	0.72	0.81	0.65	0.71	0.83	0.70	0.59	0.65	0.53	0.75
Сумма	99.56	99.25	99.72	99.64	98.60	99.83	99.63	99.55	99.77	99.46	99.50
Возраст, млн лет	462	497	492	454	459	481	486	517	499	506	496
±	49	52	50	51	50	45	47	57	50	67	55

зается различными содержаниями тория. В ряде обломков содержание ThO₂ не превышает 3.1–4.5 мас. % (табл. 3, ан. 1–3), тогда как в других обломках количество тория заметно выше — 7.4–10.8 мас. % (см. табл. 3, ан. 4–8). Из других примесей присутствуют кремний (до 3.5 мас. % SiO₂), иттрий (до 1 мас. % Y₂O₃), кальций (не более 0.4 мас. % CaO) и уран (до 0.6 мас. % UO₂). При этом в относительно низкотермическом монаците практически нет урана, тогда как в высокотермическом фосфате его количество несколько возрастает. Несмотря на различный химический состав, полученные значения возраста двух исследованных обломков монацита относительно близки и составляют интервал 380–414 млн лет (средневзвешенный возраст всех обломков составляет 400±10 млн лет при среднеквадратичном отклонении = 0.61 и вероятности 0.75), что свидетельствует о размыве комплекса близких по возрасту палеозойских пород.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Химический состав обломочных монацитов из верхнеюрских отложений Фроловской мегавпадины достаточно однородный. Наблюдаются небольшие вариации в соотношении редких земель, тем не менее все анализы минерала показывают, что обломки сложены монацитом-(Ce). Из значимых примесей присутствуют: торий (3–15 мас. % ThO₂), кремний (до 3.5 мас. % SiO₂), иттрий (до 2.3 мас. % Y₂O₃), кальций (до 1.3 мас. % CaO) и уран (до 1 мас. % UO₂). Заметные различия в содержании тория в исследованных обломках свидетельствует о том, что источниками обломочного монацита являлись горные породы разного состава. Для высокотермического монацита материнскими породами, вероятно, были гранитоиды или другие кремнекислые породы; для низкотермического монацита — магматические породы среднего или

Таблица 3. Химический состав (в мас. %) и возраст монацита из верхнеюрских отложений Западно-Унлорской площади (скв. 308, гл. 2762.43 м)

Окислы	1	2	3	4	5	6	7	8
ThO ₂	4.01	4.51	3.11	9.19	9.10	10.82	7.36	8.86
UO ₂	0.02	0.21	0.10	0.57	0.51	0.40	0.25	0.31
PbO	0.07	0.06	0.05	0.19	0.19	0.20	0.13	0.17
P ₂ O ₅	28.15	28.28	29.51	28.54	28.09	28.83	28.86	28.31
Ce ₂ O ₃	32.20	29.29	28.25	30.02	30.92	30.01	32.57	32.82
La ₂ O ₃	12.21	6.16	14.70	14.54	14.92	15.55	15.92	14.33
Nd ₂ O ₃	12.87	17.71	12.53	8.35	8.22	7.28	7.16	7.23
Pr ₂ O ₃	3.64	4.19	3.04	2.65	2.62	2.52	2.49	2.31
Sm ₂ O ₃	0.81	2.61	2.41	0.70	0.64	0.51	0.43	0.53
Gd ₂ O ₃	0.69	1.35	1.62	0.43	0.37	0.25	0.23	0.21
Dy ₂ O ₃	0.14	0.10	0.22	0.11	0.13	0.01	0.03	0.00
SiO ₂	3.45	2.74	0.60	2.52	2.32	2.78	2.25	2.59
Y ₂ O ₃	0.33	0.33	0.64	0.98	0.89	0.51	0.35	0.34
CaO	0.13	0.36	0.31	0.20	0.16	0.14	0.11	0.11
Сумма	98.71	97.89	97.10	98.97	99.06	99.80	98.13	98.11
Возраст, млн лет	402	380	396	414	413	395	385	395
±	43	49	38	25	26	23	31	27

основного состава (вероятно, субщелочные или щелочные разности), но, возможно — кислые и средние метаморфические породы зеленосланцевой фации, часто слагающие обрамление гранитных массивов.

Из приведенных выше данных следует, что главным минералом-концентратом тория в верхнеюрских отложениях Фроловской мега-впадины является обломочный монацит. Мы детально исследовали ассоциацию акцессорных минералов в этих отложениях, однако других ториевых (или торий-содержащих) минералов не обнаружили. Зерна монацита не являются редкостью и были встречены в 10–15% общего количества изученных нами петрографических шлифов. Эти данные несколько противоречат сведениям, приведенным в работах [Смыслов, 1974; Занин и др., 2016], где утверждается, что геохимические аномалии тория в верхнеюрских

отложениях Западной Сибири не связаны с минералами-носителями и их кристаллохимической структурой, и ионы этого радиоактивного элемента были адсорбированы из морской воды на поверхности глинистых минералов и гидроокислов железа. Было указано, что в аргиллитах содержание тория в два раза выше, чем в битуминозных породах баженовской свиты, что объяснялось значительно более высокими скоростями накопления аномальной баженовской свиты по сравнению с глинистыми осадками (аргиллитами), для которых скорость была замедленной [Занин и др., 2016]. Мы установили, что в верхнеюрских отложениях обломочный монацит встречается значительно чаще, чем в битуминозных породах, что, вероятно, также объясняется различиями в скоростях накопления этих пород, резко различных по содержанию обломочного терригенного материала

Практически весь обнаруженный нами обломочный монацит характеризуется слабой окатанностью, что свидетельствует в пользу его незначительной транспортировки от источников разрушения коренных пород. Вместе с тем, возможными причинами могли быть также мелкая размерность обломков минерала или его перенос в составе обломков пород.

Результаты определения возраста обломочных монацитов из верхнеюрских отложений Фроловской мегавпадины можно представить в виде сводного графика (рис. 3). На графике видно, что преобладающая часть измеренных возрастов соответствует раннему палеозою. Причем, в отложениях, вскрытых Средне-Помутской скважиной, присутствуют обломки разновозрастных монацитов (в основном девонских, реже с силурийскими и пермско-триасовыми датировками); для отложений, отобранных из керна Западно-Унлорской скважины, типичны нижнедевонские монациты; в отложениях из Восточно-Ольховской скважины присутствуют силурийско-кембрийские монациты.

Полученные данные о возрасте детритовых монацитов позволяют высказать редположения об источниках сноса обломочного материала во Фроловскую мегавпадину в верхнеюрское время. Известно, что фундамент Краснелинского свода, расположенного западнее мегавпадины, преимущественно кремнекислый, гранитно-метаморфический и сложен, главным образом, раннепермскими и позднекарбовыми породами. Нами это подтверждается результатами изучения гранитоидов Каменной и Северо-Каменной площадей на Краснелинском своде [Иванов и др., 2005 и др.]. С севера во Фроловскую мегавпадину терригенный материал практически не поступал, т. к. здесь она практически сливалась с Западно-Ярудейской мегавпадиной.

Восточнее Фроловской мегавпадины расположен Сургутский свод, фундамент которого сложен преимущественно раннепалеозойскими комплексами, т. е. каледонидами (в пределах Западной Сибири обычно называемых алтаидами [Иванов и др., 2013; Клец и др., 2007;

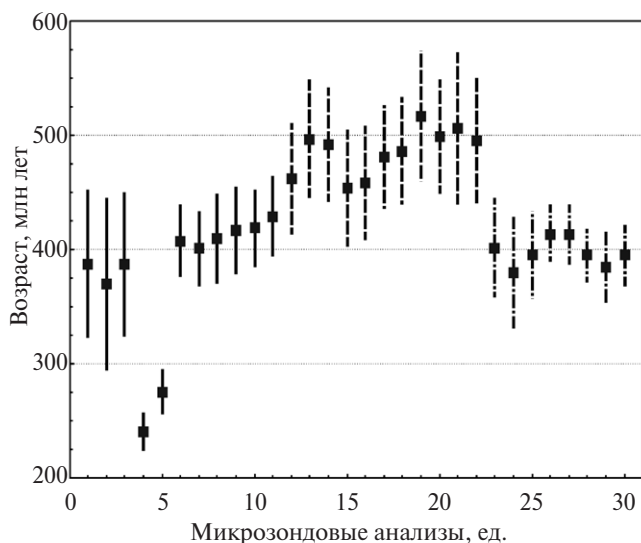


Рис. 3. Средневзвешенный возраст обломочных монацитов из верхнеюрских отложений Фроловской мегавпадины.

Сплошная линия — скважины Средне-Помутской площади; пунктирная линия — скв. Верхне-Ольховская 311, гл. 2776.68 м; пунктирная линия с точками — скв. Западно-Унлорская 308, гл. 2762.43 м.

Иванов и др., 2009; Ivanov et al., 2013]). По-видимому, эти породы слагают также и южное обрамление мегавпадины, однако детальные данные их изучения отсутствуют. В осевой части Фроловской мегавпадины, в ее доюрском основании, были вскрыты скважинами раннепалеозойские породы, преимущественно гранитоиды. Эти комплексы нами были изучены и продатированы на Северо-Селияровской, Селияровской, Нялинской, Западно-Нялинской и Северо-Нялинской площадях, которые находятся в центральной части Фроловской мегавпадины. Присутствующие здесь доюрские гранитоиды соответствуют позднему ордовика — раннему силуру [Иванов и др., 2013], т. е. являются алтаидами. Эти данные позволяют предполагать, что верхнеюрские отложения Фроловской мегавпадины формировались за счет разрушения местных доюрских магматических и метаморфических комплексов кристаллического фундамента, выходящих на поверхность. Таким образом, кластический материал верхнеюрских отложений оказался близким по возрасту и составу комплексам доюрского основания мегавпадины. Это свидетельствует против возможного существования западного (с Урала) и восточного (с Восточ-

но-Сибирской платформы) источников сноса, поскольку в составе Уральского обломочного материала был бы значительным вклад позднепалеозойских формаций, а в составе Восточно-Сибирского — докембрийских формаций. Так, в каменноугольных алевролитах, изученных нами на востоке Ханты-Мансийского автономного округа, были установлены обломочные монациты только протерозойского и вендского возрастов [Иванов и др., 2015]. Следовательно, снос кластического материала происходил, в основном, с местных локальных поднятий. Также является вероятным снос обломочного материала с приподнятого южного борта мегавпадины в направлении ее северного углубления, а также с востока (с возвышенности Сургутского свода). Эту возможность необходимо учитывать при палеогеографических и фациальных реконструкциях исследуемого региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение обломочного монацита из верхнеюрских отложений центральной части Фроловской мегавпадины позволяет сделать следующие выводы.

1. Весь монацит относится к цериевой разновидности и характеризуется близким химическим составом, за исключением некоторых редких обломков. По данным химического состава значительная часть монацита происходит из средних или основных магматических пород (возможно субщелочного или щелочного состава), а также, частично, из кислых или средних метаморфических пород; некоторые редкие зерна монацита с высоким содержанием тория происходят из гранитоидов.
2. По данным определения возраста методом химического датирования, большая часть обломков монацита поставлялась из нижнепалеозойских пород. Единственное зерно монацита датировано пермско-триасовым возрастом, что свидетельствует о незначительном участии наиболее молодых доюрских пород в образовании верхнеюрских отложений Фроловской мегавпадины, об-

ломки докембрийских монацитов не были найдены.

3. Практически весь обломочный монацит характеризуется слабой окатанностью, что указывает на его незначительную транспортировку от разрушающихся массивов древних пород. При этом материнскими породами, вероятно, являлись не только местные раннепалеозойские комплексы (алтаиды) слагающие доюрское основание Фроловской мегавпадины, но также расположенные восточнее и южнее этой мегавпадины.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны В. А. Волкову (НАЦ РН им. В. И. Шпилемана, Тюмень, Ханты-Мансийск) за предоставленную возможность исследования керн глубоких скважин, вскрывших верхнеюрские отложения Фроловской мегавпадины, а также рецензенту за ценные замечания и комментарии.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при поддержке государственного задания ИГГ УрО РАН (регистрационный № АААА-А18-118052590032-6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белоусов С. Л., Мясникова Г. П., Вахрушева В. Н. и др.* Условия формирования и особенности строения баженковского горизонта в северной части Фроловской мегавпадины // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО // Сб. трудов VI научно-практической конференции. Т. 1. Ханты-Мансийск: Издат-НаукаСервис, 2003. С. 217–237.
- Волков В. А., Захарова Л. М., Кузьмин Ю. А. и др.* Особенности строения баженковской свиты в центральной части Фроловской мегавпадины // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО — Югры // Сб. трудов XIII научно-практической конференции (17–20 ноября 2014 г., Ханты-Мансийск). Т. 1 / Под ред. А. В. Шпилемана, В. А. Волкова. Ханты-Мансийск: ОАО Тюменский дом печати, 2015. С. 43–60.
- Гилязова С. М., Куриленкова Г. А., Сиднев А. В.* Особенности геологического строения и перспективы нефтеносности доюрского фундамента центральной части Фроловской мегавпадины // Международный журнал

- прикладных и фундаментальных исследований. 2009. № 3. С. 123–125.
- Дорофеева Т. В., Аристаров М. Г., Блинкова Е. Ю. и др.* Локальный прогноз залежей нефти баженовской свиты. М.: Недра, 1992. 142 с.
- Занин Ю. Н., Замирайлова А. Г., Эдер В. Г.* Уран, торий и калий в черных сланцах баженовской свиты Западно-Сибирского морского бассейна // Литология и полез. ископаемые. 2016. № 1. С. 82–94.
- Иванов К. С., Федоров Ю. Н., Ронкин Ю. Л., Ерохин Ю. В.* Геохронологические исследования Западно-Сибирского мегабассейна; итоги 50 лет изучения // Литосфера. 2005. № 3. С. 117–135.
- Иванов К. С., Ерохин Ю. В., Федоров Ю. Н. и др.* Изотопное и химическое U-Pb-датирование гранитоидов Западно-Сибирского мегабассейна // ДАН. 2010. Т. 433. № 5. С. 671–674.
- Иванов К. С., Ерохин Ю. В., Коротеев В. А.* Первые сведения о раннепалеозойских гранитоидах в фундаменте Западной Сибири // ДАН. 2013. Т. 453. № 6. С. 650–653.
- Иванов К. С., Коротеев В. А., Печеркин М. Ф. и др.* История геологического развития и строение фундамента западной части Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 4. С. 484–501.
- Иванов К. С., Хиллер В. В., Коротеев В. А., Ерохин Ю. В.* Состав и возраст детритовых монацитов из терригенных пород — ключ к реконструкции источников сноса (северо-восток Западно-Сибирского мегабассейна) // ДАН. 2015. Т. 462. № 5. С. 578–581.
- Клец А. Г., Конторович В. А., Иванов К. С., и др.* Геодинамическая модель доюрского основания — основа нефтегазогеологического районирования верхнедокембрийско-нижнетриасового структурного этажа Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО // Сб. трудов 10-й научно-практической конференции (13–17 ноября 2006 г., Ханты-Мансийск). Т. 1 / Под ред. В. И. Карасева, А. В. Шпильмана, В. А. Волкова. Ханты-Мансийск: ИздатНаукаСервис, 2007. С. 79–90.
- Конторович А. Э., Меленевский В. Н., Занин Ю. Н. и др.* Литология, органическая геохимия и условия формирования основных типов пород баженовской свиты // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 11. С. 1477–1491.
- Костянов А. И., Ларионов А. Н., Лохов К. И. и др.* Оптимальный выбор методов изотопно-геохронологических и изотопно-геохимических исследований. СПб.: ФГБУ ВСЕГЕИ, 2007. 48 с.
- Лебедев Б. А., Дорофеева Т. В., Краснов С. Г. и др.* Вещественный состав и природа емкости глинисто-кремнисто-сапропелевых отложений баженовской свиты (верхняя юра) Западной Сибири // Литология и полез. ископаемые. 1979. № 2. С. 90–101.
- Песковский И. Д.* Эволюция литосферы Западной Сибири и формирование осадочного бассейна. М.: Недра, 1992. 321 с.
- Смыслов А. А.* Уран и торий в земной коре. Л.: Недра, 1974. 231 с.
- Ушатинский И. Н., Харин В. С.* Типы и составы пород баженовской свиты // Строение и нефтегазоносность баженинов Западной Сибири // Сб. научных трудов ЗапСибНИГНИ / Под ред. И. И. Нестерова. Тюмень, 1985. С. 54–64.
- Хиллер В. В.* Состав, кристаллохимия, эволюция U-Th-Pb-системы ряда минералов-геохронометров по данным экспериментального исследования и компьютерного моделирования / Автореф. дисс. ... кандидата геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. 23 с.
- Хиллер В. В., Ревердатто В. В., Конилов А. Н. и др.* Опыт Th-U-Pb химического датирования цирконов из метасоматических кислых жил района с. Гридино (Беломорская эклогитовая провинция) // ДАН. 2015. Т. 462. № 2. С. 204–207.
- Dahl P. S., Terry M. P., Jercinovic M. J. et al.* Electron probe (Ultrachron) microchronometry of metamorphic monazite: Unraveling the timing of polyphase thermotectonism in the eastern Wyoming Craton (Black Hills, South Dakota) // Amer. Miner. 2005. V. 90. P. 1712–1728.
- Jercinovic M. J., Williams M. L.* Analytical perils (and progress) in electron microprobe trace element analysis applied to geochronology: Background acquisition, interferences, and beam irradiation effects // Amer. Miner. 2005. V. 90. P. 526–546.
- Ivanov K. S., Puchkov V. N., Fyodorov Yu. N. et al.* Tectonics of the Urals and adjacent part of the West-Siberian platform basement: main features of geology and development // Journal of Asian Earth Sciences. 2013. V. 72. P. 12–24.
- Montel J.-M., Foret S., Veschambre M. et al.* Electron microprobe dating of monazite // Chem. Geol. 1996. V. 131. P. 37–53.
- Suzuki K., Adachi M., Tanaka T.* Middle Precambrian provenance of Jurassic sandstone in the Mino Terrane, central Japan: Th-U-total Pb evidence from an electron microprobe monazite study // Sediment. Geol. 1991. V. 75. P. 141–147.
- Suzuki K., Kato T.* CHIME dating of monazite, xenotime, zircon and polycrase: Protocol, pitfalls and chemical criterion of possibly discordant age data // Gondwana Res. 2008. V. 14. P. 569–586.
- Williams M. L., Jercinovic M. J., Terry M. P.* Age mapping and dating of monazite on the electron microprobe: deconvoluting multistage tectonic histories // Geology. 1999. V. 27. № 11. P. 1023–1026.

DETRITAL MONAZITE FROM UPPER JURASSIC SEDIMENTS IN THE CENTRAL PART OF THE FROLOV MEGADEPRESSION, WESTERN SIBERIA: CHEMICAL DATING AND PROVENANCES

Yu. V. Erokhin*, V. V. Khiller**, K. S. Ivanov***

*Zavaritskii Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
Akademika Vonsovskogo str. 15, Yekaterinburg, 620016 Russia*

**E-mail: erokhin-yu@yandex.ru*

***E-mail: hilvervit@mail.ru*

****E-mail: ivanovks@igg.uran.ru*

Received August 2, 2016

Detrital monazite from Upper Jurassic sediments in the central part of the Frolov megadepression, West Siberian megabasin, is studied. Chemical composition of the mineral is studied and data on its age (chemical dating) are presented. Most monazite clasts are characterized by low roundness and their age corresponds to the Lower Paleozoic. Upper Jurassic sediments were likely derived not only from the local Early Paleozoic rock complexes (altaides), which make up the pre-Jurassic basement of the Frolov megadepression, but also from rocks located east and south of this megadepression..

Keywords: *Western Siberia, Upper Jurassic sediments, detrital monazite, chemical dating.*

DOI: 10.31857/S0024-497X20193278-290