

# **ФУНДАМЕНТ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО МЕГАБАССЕЙНА: ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ, ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ**

Коротеев В.А., Иванов К.С., Ерохин Ю.В., Костров Н.П., Пономарев В.С., Хиллер В.В.,  
Погромская О.Э., Захаров А.В., Манушко Е.А.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и  
геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН  
(ИГГ УрО РАН, Екатеринбург, Россия)  
koroteev@igg.uran.ru, ivanovks@igg.uran.ru*

Северная или "арктическая" тематика в нашей стране быстро развивается на фоне глобального потепления и постепенного вовлечения Арктических регионов в сферу недропользования. Исследования геологии Арктики приобрели в последнее время особую важность, в том числе в связи с потенциальной нефтегазоносностью этой огромной и пока еще крайне недостаточно изученной территории. Немаловажным фактором является экономико-политические споры между северными странами по поводу раздела шельфа Северного ледовитого океана. В этой связи геологи России обосновывают принадлежность подводного хребта Ломоносова к материковым структурам России, что позволит в свою очередь расширить суверенную экономическую зону РФ по шельфу Северного ледовитого океана.

Мы стараемся проводить доизучение именно материковых (арктических) комплексов Западно-Сибирского мегабассейна, что позволит усилить сравнительную базу для сопоставления с породами шельфа Северного ледовитого океана. Главная трудность исследований в том, что изучаемые нами комплексы перекрыты мощным осадочным чехлом и для изучения доступны только фрагменты доюрского основания, вскрытые единичными разведочными скважинами.

В рамках данного проекта за 2014 год нами проведены исследования, получены новые данные, по которым уже написаны и опубликованы 5 статей, из которых 3 в центральной печати (в журналах «Литосфера» и «Доклады АН»). В рамках работы над проектом получены следующие основные результаты:

Исследован вещественный состав эпидот-гранатовых плагиогнейсов из кристаллического фундамента Янгиюганской площади (северо-западная часть Западной Сибири, в пределах Ямало-Ненецкого автономного округа) и их возраст. Изучавшаяся параметрическая скважина 1-п расположена на Янгиюганской нефтеразведочной площади (80-90 км юго-восточнее г. Салехарда). Плагиогнейсы Янгиюганской скважины представлены светло-серыми полосчатыми породами и в основном сложены агрегатом плагиоклаза (олигоклаз) – 60-65% с кварцем – 20-25%. Остальные 10-20% породы – это калиевая слюда (мусковит), амфибол (ферроэденит-ферропаргасит), эпидот-клиноцоизит, гранат, хлорит (клинохлор), микроклин, а также акцессорные минералы – магнетит, титаномagnetит, рутил, фторapatит и циркон. В интервале глубин 3852 - 4047 м плагиоклаз является главным породообразующим минералом и совместно с кварцем слагает мелко- и среднезернистый агрегат. Состав этого минерала немного варьирует, но все анализы попадают в поле олигоклаза. Гранат распределен по всей матрице плагиогнейса, относится к альмандину (53-62%) с присутствием миналов гроссуляра (24-29%), пиропы (7-11%) и спессартина (1-15%). Эпидот слагает идиоморфные призматические зерна, размером до 1-2 мм и относится к слабозелезистой разновидности. Амфибол относится к ферроэдениту и ферропаргаситу. Слюда является мусковитом с небольшим содержанием минала парагонита (в пределах 14-16%). Резко повышенное содержание кремнезема в мусковите позволяет относить

слюду к фенгиту. Хлорит представлен железистым клинохлором с миналами шамозита (до 42%) и донбассита (до 7%). Рудные минералы рутил, магнетит и титаномагнетит. Последний часто содержит пластинчатые выделения магнетита. В титаномагнетите отмечается до 13.1-16.9 мас.%  $TiO_2$ , а в магнетите – не более 1.44 мас.%  $TiO_2$ . Вероятно, титаномагнетит является реликтовым минералом и замещается магнетитом. Призматические кристаллы рутила распылены по всей матрице породы и содержат до 1.8 мас.%  $Fe_2O_3$ . Апатит образует призматические кристаллы, размером до 300 мкм, он относится к фторапатиту. Ниже по скважине, на глубине 4047 м, плагиогнейсы рассланцованы (местами до милонитов) и минеральный (но не химический!) состав породы меняется, полностью исчезают гранат и мусковит, появляется флогопит, а также меняется состав амфибола до эденит-ферроэденита.

Зерна граната в породе обнаруживают хорошо выраженную прогрессивную зональность, что говорит о росте температуры при формировании метаморфической породы. Пара гранат-мусковит показывает рост температуры от центра к краю альмандина (от 640-665°C до 695-725°C), а пара плагиоклаз-мусковит дает около 575°C. Давление по разным амфиболовым геобарометрам приблизительно оценивается до 9-10 кбар. Присутствие реакционного хлорита вокруг зерен амфибола и флогопита свидетельствует о последующем незначительном диафторезе. На петрогенетических диаграммах породы попадают в поле трондьемитов (лейкократовых плагиогранитов) и, вполне вероятно, именно они и послужили субстратом для формирования плагиогнейсов в условиях амфиболитовой фации метаморфизма.

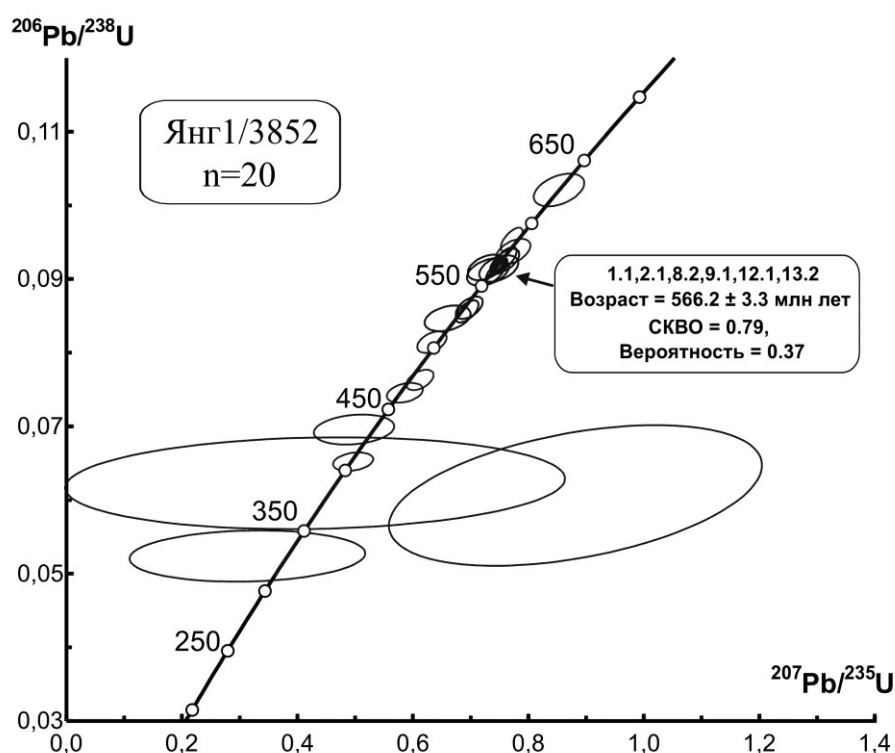


Рис. 1. График с конкордией для цирконов из плагиогнейса (обр. Янг1/3852 м) [Иванов и др., 2014а и др.].

Проба Янг 1/3852. Цирконы магматического генезиса характеризуются призматическим габитусом, типичными для гранитоидов средними содержаниями U 1400 г/т и отношениями Th/U 0.22. Определенный в ЦИИ ВСЕГЕИ возраст

магматической кристаллизации цирконов составляет  $566 \pm 3$  млн лет (по кластеру из 8 конкордантных значений) [Иванов и др., 2014а и др.] (рис. 1).

Проба Янг 1/4047. Популяция призматических цирконов сильно изменена вторичными процессами. Возраст главного геологического события определен в  $486 \pm 4$  млн лет, по конкордантному кластеру из 8 датировок. Выявлен один домен (более древнее ядро обрастания) с возрастом около 560 млн лет (рис. 2) [Иванов и др., 2014а и др.].

Таким образом, надежно определен возраст двух основных эпизодов геологической истории формирования кристаллического сиалического фундамента северо-западной части Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна. С учетом вышеприведенных данных по вещественному составу плагиигнейсов, с наибольшей вероятностью они могут быть интерпретированы как: 1. Магматическое внедрение плагиигранитов в позднем венде и 2. Их метаморфизм и превращение в плагиигнейсы в раннем ордовике. Отметим, что на Приполярном Урале достаточно широко развиты позднедокембрийские гранитоидные комплексы, с которыми возможно сопоставление исследованных пород из Янгиюганской скважины.

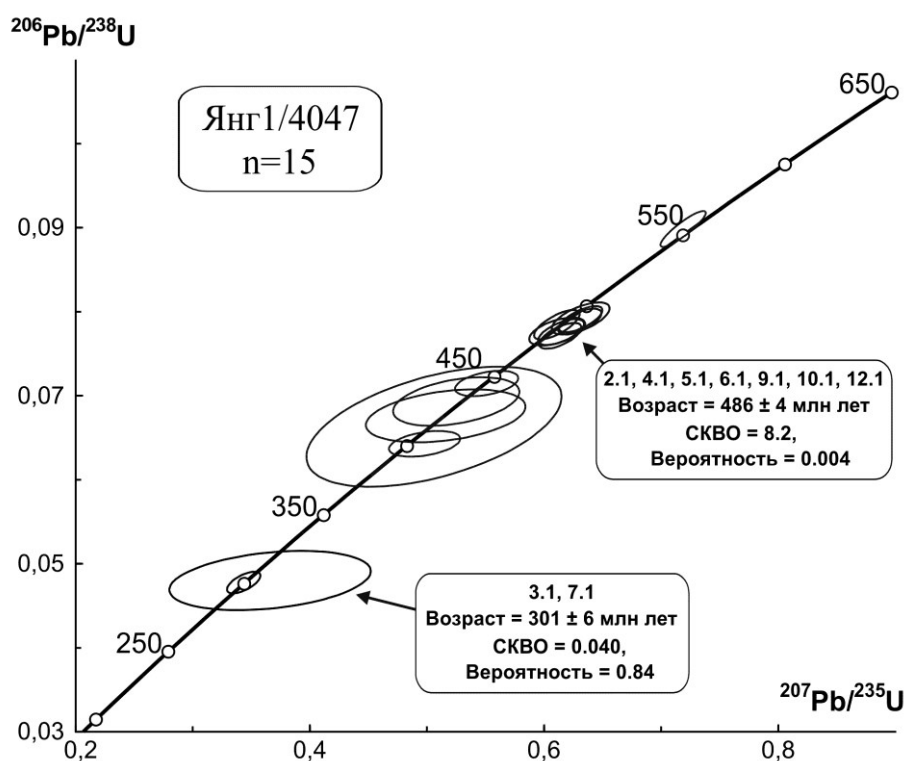


Рис. 2. График с конкордией для цирконов из плагиигнейса (обр. Янг1/4047 м) [Иванов и др., 2014а и др.].

Кроме того, здесь же нами изучена минералогия "зеленых" биотит-альбит-хлоритовых сланцев из параметрической скважины 1-п, которые здесь вскрыты в интервале глубин от 1700 до 2382 м. Установлено, что основная матрица породы сложена альбитом, клинохлором, флогопитом и эпидотом с присутствием второстепенного кварца и акцессорных минералов – фторапатита, титанита и магнетита (рис. 3). В целом, породы сформировались в условиях зеленосланцевой фации метаморфизма, т.к. наблюдается типичный для нее минеральный парагенезис альбит+флогопит+клинохлор при полном отсутствии какого-либо амфибола.

Субстратом для сланцев, по всей видимости, послужили базальтоиды или, вероятнее, осадки с преобладанием основного материала, возможно граувакки.

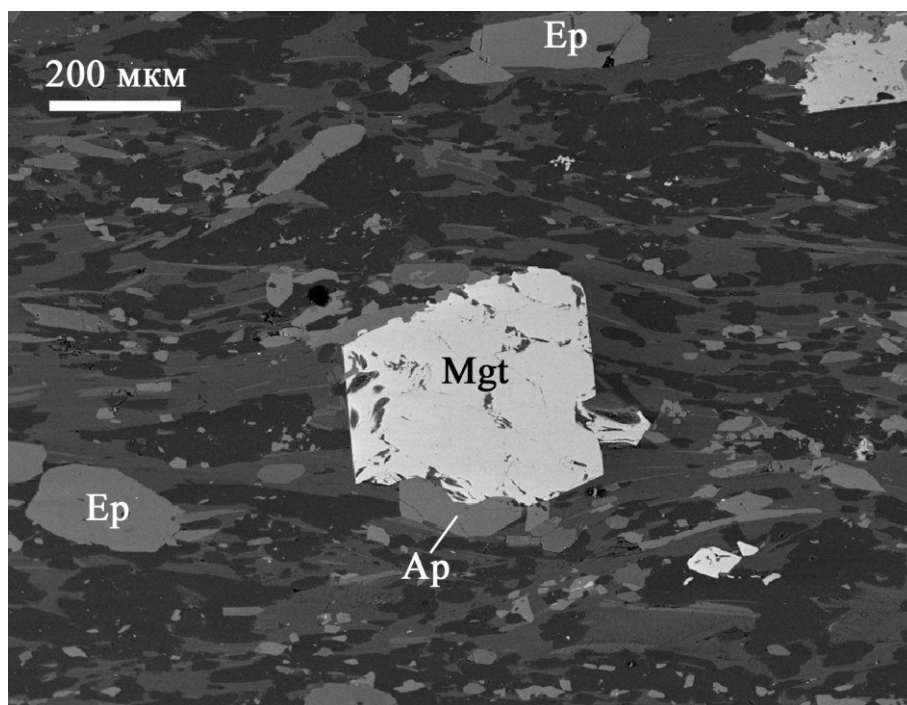


Рис. 3. Зерно магнетита (Mgt) в сростании с фторапатитом (Ap) в биотит-хлоритовом сланце с вкрапленностью эпидота (Ep). Шлиф Янг1/2073-2089 м, BSE-изображение.

Нами исследован вещественный состав апотерригенных метаморфических сланцев из фундамента Западно-Яротинской площади, расположенной в Арктической части Западно-Сибирского мегабассейна, в пределах южной части полуострова Ямал. Сланцы Западно-Яротинской площади расположены непосредственно севернее Верхнереченской площади (примерно в 50 км от Верхнереченской скв. № 1) и западнее в 50 км от знаменитого Новопортовского газового месторождения. Изученные сланцы можно рассматривать как северное обрамление Верхнереченского гранитного плутона, который был изучен нами ранее. В Западно-Яротинской площади вскрыты сильно деформированные (смятые в мелкие пloyчатые складки) сланцы. Основные минералы, которыми они сложены, представлены кварцем, плагиоклазом, карбонатом, слюдой и хлоритом. Из акцессорных минералов отмечают циркон, апатит, гоацит, а рудная минерализация представлена сульфидами (пирит, сфалерит, галенит и кобальтин) и самородными металлами (медь и серебро). Сланцы образовались в условиях зеленосланцевого метаморфизма по осадочному субстрату и позднее подверглись изменениям в процессе наложенной пропилитизации.

Здесь же в пределах доюрского основания Западно-Яротинской площади нами в метаморфических сланцах установлен и описан крайне редкий минерал – гоацит. Он образует мелкие слабо удлиненные зерна и скопления, размером до 50 мкм, в матрице метаморфического сланца. Интересно, что встречается этот минерал рядом с выделениями фторапатита, иногда даже образуя крустификационные корочки на них (рис. 4). По данным микрозондового анализа минерал имеет варьирующий химический состав, и по соотношению стронция и редких земель можно выделить два типа данного минерала: более стронциевый и более редкоземельный. Первый тип, как раз и обрастает индивиды фторапатита, а второй тип – встречается в виде самостоятельных

выделений в матрице сланца. В наиболее редкоземельном гояците содержание редких земель достигает 17.2 мас.% или до 49% минала общего флоренсита (т.е. на долю цериевого флоренсита приходится 22%, лантанового – 15%, ниодимового – 7% и гипотетического празеодимового – 5%), а собственно минал гояцита составляет 42% (с примесью крандаллита – 6% и горсейксита – 3%). В наиболее стронциевом гояците содержание редких земель не превышает 7.7 мас.% или до 22% минала общего флоренсита (т.е. на долю цериевого флоренсита приходится 12%, лантанового – 6% и ниодимового – 4%), а собственно минал гояцита составляет 64% (с примесью крандаллита – 10% и горсейксита – 4%). В целом, гояцит из метаморфических сланцев Западно-Яротинской площади имеет сложный химический состав и обогащен редкими землями и, по всей видимости, образовался как вторичный минерал во время наложенной пропилитизации. Источником вещества для гояцита вероятно послужили первичные полевые шпаты и монацит.

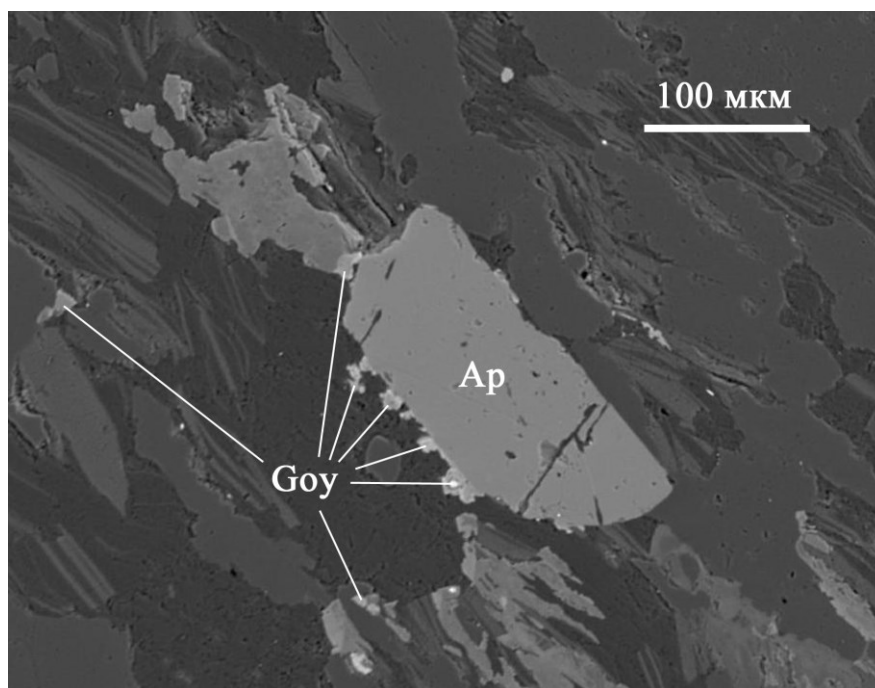


Рис. 4. Индивиды апатита (Ap) обрастающие более поздними индивидами и скоплениями гояцита (Goy) в матрице метаморфического сланца Западно-Яротинской площади. Снимок BSE, Cameca SX 100.

Кроме того, нами детально исследована петрография, минералогия и геохимия гранитоидов в Верхнереченской площади из южной части полуострова Ямал (Арктический сектор Западно-Сибирского мегабассейна). Показано, что вскрытые здесь скважиной № 1 гранитоиды относятся к гипабиссальным и субщелочным разновидностям, образованным по осадочному субстрату. Выполнено микрозондовое исследование состава акцессорных радиоактивных минералов – монацита и уранинита из этих гранитов. Проведены расчеты химических Th/Pb- и U/Pb-возрастов, в том числе на основе биминеральных изохронных построений. Показано, что в пределах погрешности датировки согласуются между собой, и средне-взвешенное значение возраста составляет  $259.2 \pm 3.6$  млн лет (рис. 5). Эта датировка свидетельствует, что здесь, на крайнем северо-востоке Уралид, внедрение гранитов, завершающих палеозойский тектоно-магматический цикл, произошло в поздней перми.

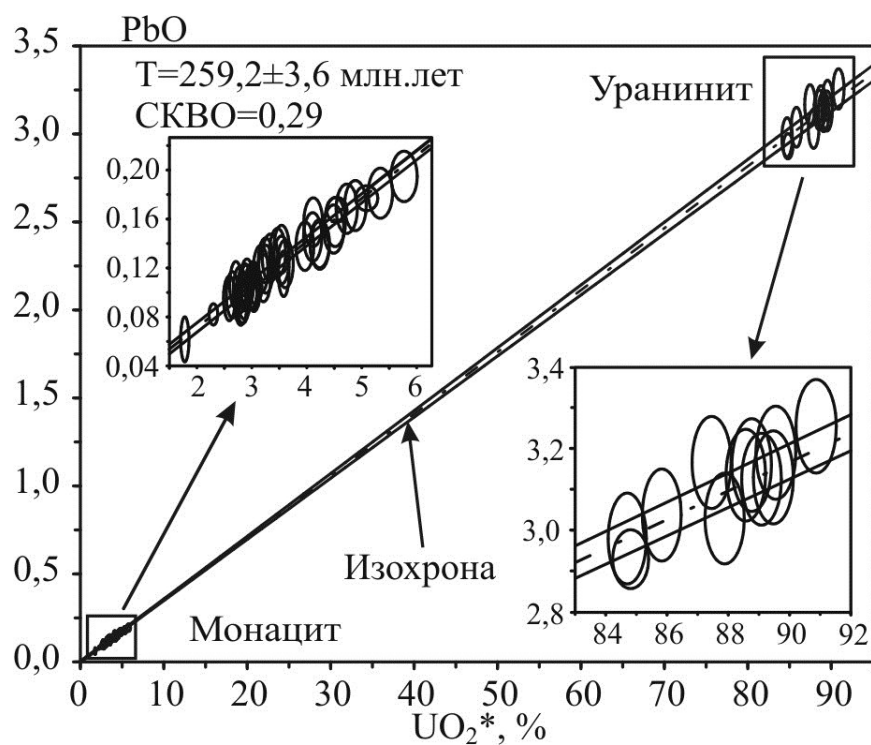


Рис. 5. Биминеральная  $\text{UO}_2^*$ -PbO-изохрона для уранинита и монацита из гранитов скв. 1 Верхнереченской площади. Эллипсы – значения погрешности  $2\sigma$ , штрих-пунктир – линии регрессии (изохроны) с двумя симметричными гиперболами, фиксирующими погрешности.

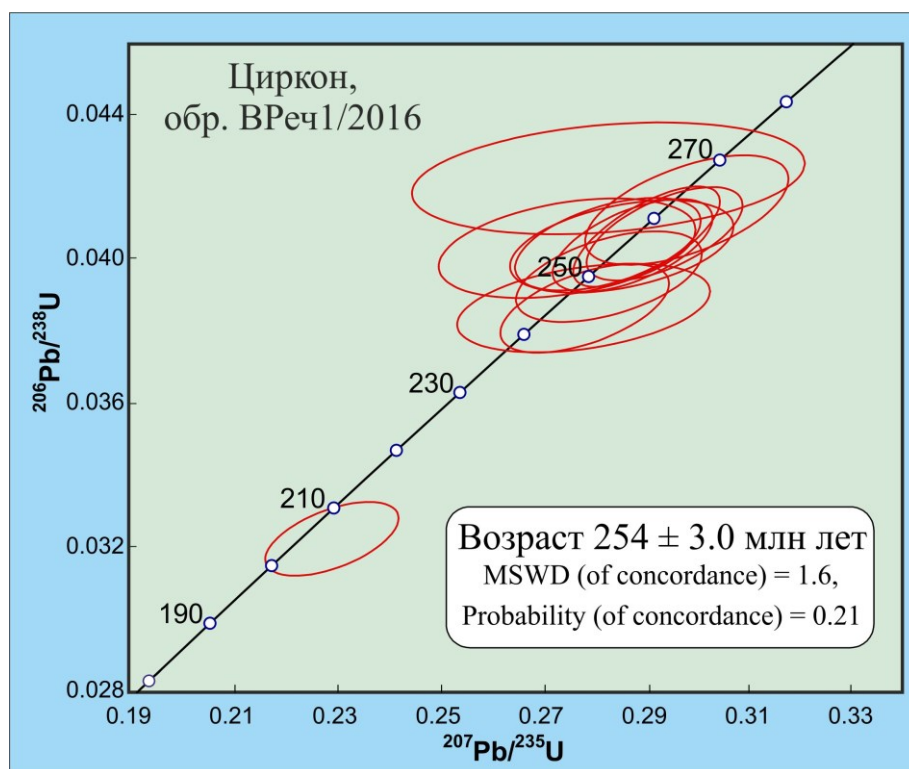


Рис. 6. Изотопная U-Pb диаграмма с конкордией, построенная по результатам микронзондового изучения цирконов из гранитоида Верхнереченской площади.

Поскольку метод химического микрозондового датирования пока еще непривычен для многих геологов, а также учитывая большую важность проблемы определения возраста комплексов из Арктического сектора, мы подкрепили полученные результаты изучением U-Pb возраста цирконов на ионном микрозонде SHRIMP-II в ЦИИ ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург). Акцессорные цирконы в этих гранитоидах имеют размер от 50 до 150 мкм в длину. Кристаллы хорошо огранены, имеют короткопризматический до изометричного габитус обычно с развитием одной дипирамиды. Индивиды прозрачны, имеют светло- и тёмно-розовую окраску и ритмично-зональное внутреннее строение. В пробе было проанализировано семь кристаллов циркона. Интересно, что примерно половина индивидов оказалась подвержена метамиктным изменениям (из-за аномально высоких содержаний урана и тория) и, соответственно, оказались не пригодными для датирования. В отдельных точках кристаллов циркона содержание урана и тория достигает 2450 и 1070 г/т. Все проанализированные точки попали на конкордию, причем практически все анализы кучно легли в область 244-267 млн лет, за исключением одной «молодой» датировки  $204.7 \pm 2.6$  млн лет (по всей видимости, связанной с поздними наложенными преобразованиями породы). Без учёта этой «молодой» точки (для которой характерны максимальные значения урана и тория), все остальные 11 анализов определяют возраст  $254.0 \pm 3.0$  млн лет, при СКВО = 1,6 (см. рис. 6). Данная датировка практически идеально совпадает с полученным нами результатом методом химического датирования.

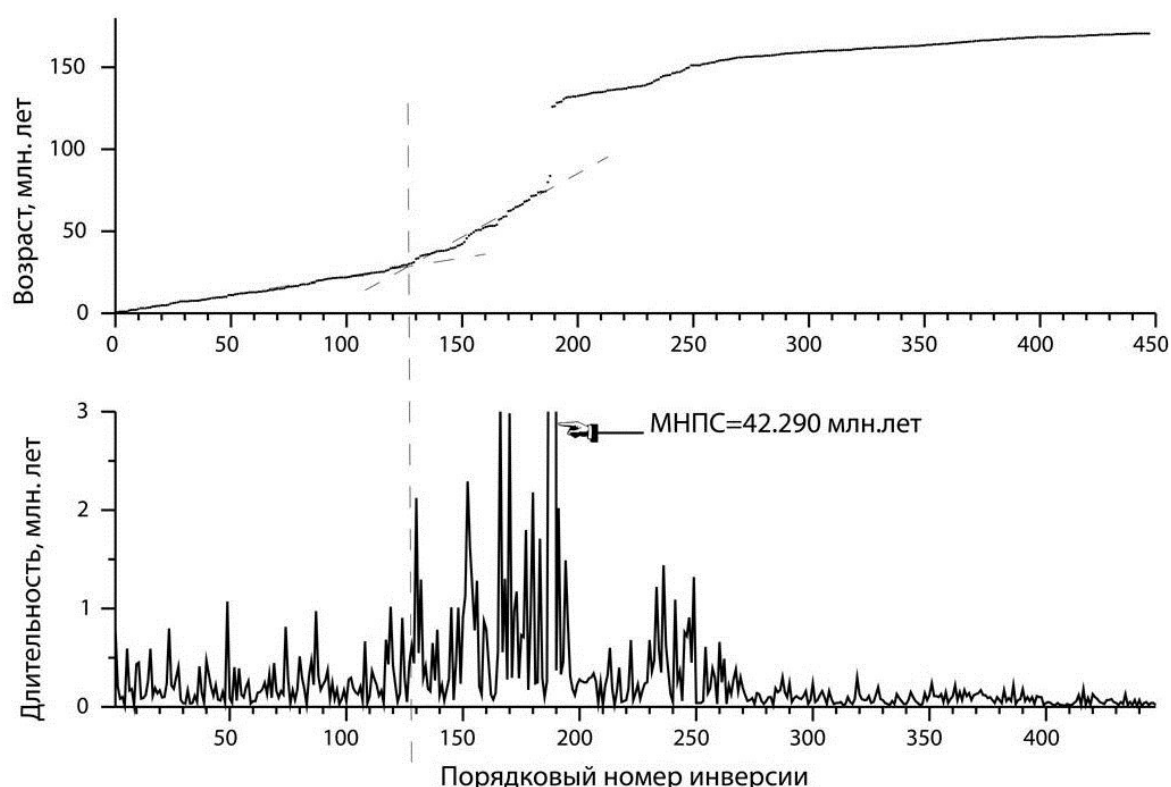


Рис. 7. Три эпизода инверсий полярности геомагнитного поля в истории Земли за последние 160 млн лет представлены в форме зависимости возраста (вверху) и длительности (внизу) от порядкового номера инверсии. Вертикальная пунктирная линия отделяет две части С-последовательности, которые аппроксимируются отрезками различных прямых, которые также отмечены пунктиром.

В рамках данного проекта при изучении триасовых грабенов Западной Сибири были рассмотрены вопросы о времени и последствиях грядущей переполюсовки магнитных полей Земли. Нами показано [Иванов и др., 2014б], что для экстраполяции шкалы инверсий в будущее следует использовать только один сегмент, прилегающий к настоящему времени. Этот сегмент предлагаем назвать  $C_n$  (new, новейшее), он начался 33 млн лет назад. За это время было 129 инверсий, и лишь 6 раз продолжительность магнитных хронов была более современного, продолжающегося уже 781 тыс лет. Средняя продолжительность хронов эпохи  $C_n$  0.24 млн лет (см. рис. 7). Гистограммы для прямой и обратной полярности эпохи  $C_n$  обнаруживают в целом единую структуру распределения до примерно 0.5 млн лет, затем идет разрыв и редкие более длительные хроны. Средняя продолжительность этих 12 хронов близка к 781 тыс лет современной эпохи. Эти и другие данные показывают, что, по всей видимости, скоро предстоит смена магнитной полярности. Магнитное поле Земли защищает все живое от солнечной радиации, и его резкое ослабление во время инверсий вызывает значимое усиление мутаций в эти периоды времени. Это, по-видимому, снимает трудную для теории Ч. Дарвина проблему дефицита времени, требуемого для того, чтобы мельчайшие эволюционные изменения привели ко всему многообразию жизни. Ускоренно готовиться к инверсии человечество обязано уже сейчас, переводя в подземное пространство целостные системы жизнеобеспечения, но наибольшая его часть все же подвергнется на протяжении инверсии сильной радиации.

#### Список опубликованных работ в 2014 году:

1. *Иванов К.С., Коротеев В.А., Ерохин Ю.В., Шокальский С.П., Сергеев С.А.* Состав и возраст кристаллического фундамента северо-западной части Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна // Доклады АН, 2014а. Т. 459. № 5. С. 607-611.
2. *Ерохин Ю.В., Хиллер В.В., Иванов К.С., Рыльков С.А., Бочкарев В.С.* Минералогия метаморфических сланцев из доюрского основания южной части полуострова Ямал // Литосфера, 2014. № 5. С. 136-140.
3. *Иванов К.С., Коротеев В.А., Костров Н.П.* О времени и последствиях предстоящей смены магнитных полюсов Земли // Доклады АН, 2014б. Т. 459. № 3. С. 363-367.
4. *Ерохин Ю.В., Иванов К.С.* Минералогия биотит-альбит-хлоритовых сланцев из доюрского фундамента Янгиюганской скважины 1-п (север Западной Сибири) // Вестник Уральского отделения РМО. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2014. № 11. С. 31-38.
5. *Ерохин Ю.В., Иванов К.С., Бочкарев В.С.* Гояцит из метаморфических сланцев доюрского основания Арктики (Западно-Яротинская площадь, полуостров Ямал) // Пятнадцатые Всероссийские научные Чтения памяти В.О. Полякова. Миасс: ИМин УрО РАН, 2014. С. 22-28.