Литосфера, 2005, № 3, с. 117-135

УДК 553.98(571.1)

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО МЕГАБАССЕЙНА; ИТОГИ 50 ЛЕТ ИЗУЧЕНИЯ

К.С. Иванов*, Ю.Н. Федоров, Ю.Л. Ронкин*, Ю.В. Ерохин***

**Институт геологии и геохимии Уральского отделения РАН*
620151, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7
E-mail: ivanovks@igg.uran.ru
***Уральский Государственный горный университет*
620014, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
E-mail: igg.gin@usmga.ru

Поступила в редакцию 28 апреля 2005 г.

Дан обзор состояния геохронологических исследований Западной Сибири. В 50-летней истории изучения геохронологии фундамента Западно-Сибирского мегабассейна намечается два этапа, причем последний из них – этап изучения с использованием современных методов анализа – стартовал около 5 лет назад. Авторами проведены изотопно-геохронометрические исследования комплексов доюрского основания западной и центральной частей Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна с определениями возрастов пород K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd и U-Pb методами; последние три применены в Западной Сибири впервые. Получен ряд изохрон и изотопных характеристик, позволяющих судить как о генезисе и возрасте гранитных плутонов ряда площадей, так и об их последующих преобразованиях. Изучен абсолютный возраст базальтов Северо-Сосьвинского района. Для базальтов верхней толщи, вскрытых скважиной Нерохская 11201, Rb-Sr и Sm-Nd геохронометры определяют значения 232±15 и 234±16 млн. лет. Rb-Sr возраст базальтов нижней толщи, вскрытых скважиной Мапасийская 11203, составил 238±15 млн. лет. Дана общая рекомендация использовать содержание K_2O = 0,4 % в качестве граничного для разбраковки проб на непригодные и возможно годные для K-Ar метода. Установлен раннепермский возраст метаморфизма сланцевого комплекса Шаимского района; возраст субстрата сланцев изучался U-Pb методом по цирконам, возраст исходных пород установлен как 373±17 млн. лет. K-Ar методом выявлены возраста наложенных тектоно-термальных событий, таких как выведение магматических и метаморфических комплексов на приповерхностный уровень и определение эпох тектонической активизации (в том числе связанных с нефтегенерацией).

Ключевые слова: *Западно-Сибирский мегабассейн, фундамент, геохронология,K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd и U-Pb методы, триас, палеозой, базальты, граниты.*

GEOCHRONOLOGICAL RESEARCHES OF THE WEST-SIBERIAN OIL AND GAS-BEARING MEGABASIN’S BASEMENT; RESULTS OF 50-YEAR STUDYING

K.S. Ivanov*, Yu.N. Fedorov, Yu.L. Ronkin*, Yu.V. Erokhin*.**

** Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS*
***The Urals State Mining University*

The review of geochronological researches of West Siberia was given. In the 50-year history of studying of the West-Siberian megabasin’s basement two stages can be marked, with the final one of them – the stage of studying with usage of modern analytical methods – started about 5 years ago. The authors carried out isotope-geochronometric investigations of Pre-Jurassic basement of western and central parts of the West-Siberian megabasin with rock age determinations by K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd and U-Pb methods; the three last ones were used in the West Siberia for the first time. A series of isochrones and isotope characteristics is obtained, that makes it possible to judge both upon genesis and age of granitic plutons of a number areas and upon their subsequent transformations. An absolute age of the basalts of North-Sosvinsky area was studied. For the upper series basalts crossed by a borehole Nerokhskaya 11201, Rb-Sr and Sm-Nd geochronometers determine values of 232±15 and 234±16 Ma. Rb-Sr age of the lower series basalts crossed by a borehole Mapasyiskaya 11203 made up 238±15 Ma. It was given a general recommendation to use K_2O = 0,4 % content as a boundary for rejection of samples into useless and, possibly, useful for K-Ar method. Early Permian age of the Shaim area schist complex metamorphism was established; the age of schist substratum has been studied by U-Pb method by zircons, the age of initial rocks was established as 373±17 Ma. K-Ar method cleared up the ages of superposed tectonothermal events, such as: exumation of magmatic and metamorphic complexes into a ear-surface level and determination of tectonic activisation epoches.

Key words: *West-Siberian megabasin, basement, geochronology, K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd and U-Pb methods, Triassic, Paleozoic, basalts, granites.*

Введение

Западно-Сибирский нефтегазоносный мегабассейн является (и еще достаточно долго будет оставаться) главным поставщиком углеводородного сырья в нашей стране. Понятно, что всестороннее изучение мегабассейна, интенсивно продолжающееся полвека, является и сейчас самой приоритетной задачей геологов и геофизиков России, в связи с чем значимость геохронологических изотопных изысканий в данном регионе трудно переоценить.

Геохронологические исследования фундамента Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна были начаты в 50-х годах прошлого века, на первой стадии проведения опорного и разведочного бурения в регионе. Тогда же были сделаны первые определения возраста пород доюрского основания Западной Сибири K-Ar методом [Сверчков, 1958; Геология…, 1964, и др.]. Начиная с этого времени, и до конца 90-х годов делались лишь отдельные определения K-Ar возраста породы в целом [Алексеева, 1980; Биджаков и др., 1980; Богуш и др., 1975; Бочкарев, Криночкин, 1988; Бочкарев, Погорелов, 1973; Конторович и др., 1975; Краснов и др., 1990; Сурков и др., 1984; Органическая…, 1984, и др.]; другие современные изотопно-геохронометрические методы исследований до самого последнего времени не применялись (за редким исключением [Иванов и др., 2003б; Медведев и др., 2003б, и др.]). Но и K-Ar определений более чем за 40 лет исследований было сделано все же крайне мало, особенно если принять во внимание огромную площадь Западно-Сибирского мегабассейна, сопоставимую с площадью Западной Европы, а также большую сложность строения фундамента мегабассейна, где прослеживается ряд разновозрастных складчатых поясов [Конторович и др., 1975; Мегакомплексы…, 1986, и др.]. Публиковались как отдельные определения возраста K-Ar методом, так и сводки таких данных по всему региону [Бочкарев и др., 1980, и др.] Сводка геохронологических данных, полученных всеми нашими предшественниками по состоянию на 2000 г. была собрана и опубликована в работе [Елкин и др., 2001, стр. 36-39]. Данная сводка считалась полной, что не совсем так – в ней собраны не все (отсутствуют, например, данные [Сверчков, 1958; Шнип, 1971; Кляровский, 1972; Fitton, Mitchell, 1996] и ряда других исследователей), хотя и большинство выполненных на то время анализов. В этой сводке [Елкин и др., 2001] приведены сведения о 151 «цифровом» определении возраста пород доюрского основания Западно-Сибирского мегабассейна, что, учитывая его площадь (2,4 млн. $км^2$ по [Нестеров, 2004]), определяет одну из наиболее низких в мире «плотностей» геохронологических исследований и определений возраста на 1 $км^2$. Фактически же состояние изотопно-геохронологической изученности фундамента Западной Сибири было еще существенно хуже, поскольку из этих 151 определений, 98 «определений» были сделаны так называемым методом сравнительной дисперсии двупреломления пироксена (от использования которого, как известно, в последние 30-40 лет полностью отказались), 31 определение возраста было сделано K-Ar методом, у 22 определений метод не указан.

Обзор результатов изотопно-геохронометрических исследований доюрского основания Западной Сибири, полученных в последние 5 лет

Такое состояние дел с геохронологией Западной Сибири вынудило авторов с самого начала наших комплексных исследований и картирования фундамента Западно-Сибирского мегабассейна, проводящегося в 2001-2005 гг., уделять по возможности приоритетное внимание изучению абсолютного возраста формаций фундамента. Были проведены комплексные геохимические и изотопно-геохронометрические исследования магматических и метаморфических комплексов доюрского основания Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна K-Ar, Ar-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd и U-Pb методами изотопной геологии; три последних из них применены в Западной Сибири впервые. За это время нами был изучен ряд буровых площадей (рис. 1), расположенных преимущественно в западной, а также центральной частях мегабассейна. Так, к настоящему времени из наших проб (главным образом в лаборатории радиогеологии ИГГ УрО РАН, Б.А. Калегановым /K-Ar метод/, Ю.Л. Ронкиным, О.П. Лепихиной, О.Ю. Поповой и другими /Rb-Sr, Sm-Nd методы/, а также в лабораториях ИМГРЭ и ГЕОХИ РАН /Rb-Sr и другие методы/, ВСЕГЕИ /SHRIMP датирование/, ОИГГМ СО РАН /^{40}Ar-^{39}Ar метод/ и ряда университетов Германии /U-Pb метод/) выполнено большое количество изотопных анализов, в том числе, например, более 160 K-Ar определений, что значительно расширило имевшуюся [Бочкарев и др., 1980; Елкин и др., 2001, и др.] геохронологическую базу данных по Западной Сибири.

Следует отметить, что определение концентраций Rb, Sr, Sm, Nd, U, Pb и их изотопного состава большей части проб и минеральных составляющих проводилось методом изотопного разбавления на современном уровне, предполагающим химическую подготовку вещества в специальных стерильных производственных помещениях [Ронкин и др., 2000], и масс-спектрометрическим исследованием большей части проб на прецизионном твердофазном мультиколлекторном анализаторе Finnigan MAT-262. Получено более 15 эволюционных зависимостей в координатах $^{87}Rb/^{86}Sr$ – $^{87}Sr/^{86}Sr$, $^{147}Sm/^{144}Nd$ – $^{143}Nd/^{144}Nd$, $^{207}Pb/^{235}U$ – $^{206}Pb/^{238}U$.

Применение комплекса Rb-Sr и Sm-Nd изотопных методов в сочетании с новейшими геохимическими изысканиями позволило получить не только геохронометрические данные, но и решить ряд проблем происхождения горных пород, дать информацию об источниках вещества, его эволюции, температурах образования минеральных ассоциаций, флюидном режиме, выявить многие генетические параметры, дающие представления о закономерностях формирования земной коры фундамента Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна.

Так, были проведены исследования состава, возраста, формационной и геодинамической природы гранитоидов Северо-Нялинской, Каменной, Северо-Каменной, Урьевской, Адым-Юганской, Восточно-Окуневской и других площадей. Получен ряд изохрон (Rb-Sr методом и др.) и изотопных характеристик позволяющих обоснованно судить как о генезисе и возрасте самих гранитных плутонов, так и об их структурной эволюции и последующих преобразованиях. Например, относительно низкие величины первичных отношений изотопов стронция $^{87}Sr/^{86}Sr$ в гранитах Северо-Нялинской, Каменной (рис. 2), Восточно-Окуневской площадей (Isr = 0,7046-0,7047) указывают, что субстратом для выплавления гранитоидов этих площадей служили, по всей видимости, палеозойские комплексы со значительной долей мантийного, т.е. океанического и островодужного материала, тектонически скученные в ходе позднепалеозойской коллизии.

Недавно были опубликованы [Fitton, Mitchell, 1996; Reichow et al., 2002; Медведев и др., 2003б] и первые $^{40}Ar/^{39}Ar$ данные о возрасте базальтов туринской серии, традиционно считающихся триасовыми. Их возраст в 3-х скважинах (Пермяковская-66, Хохряковская-58 и Тагринская-114) оказался примерно одинаковым и составил около 250 млн. лет, что примерно соответствует границе перми и триаса. Из этих данных их авторы [Reichow et al., 2002; Медведев и др., 2003б] делают «*заключение о том, что базальты Западно-Сибирской плиты синхронны с вулканитами трапповой формации Сибирской платформы*». Этот вывод интересный, возможный, но, по-видимому, все же несколько преж-

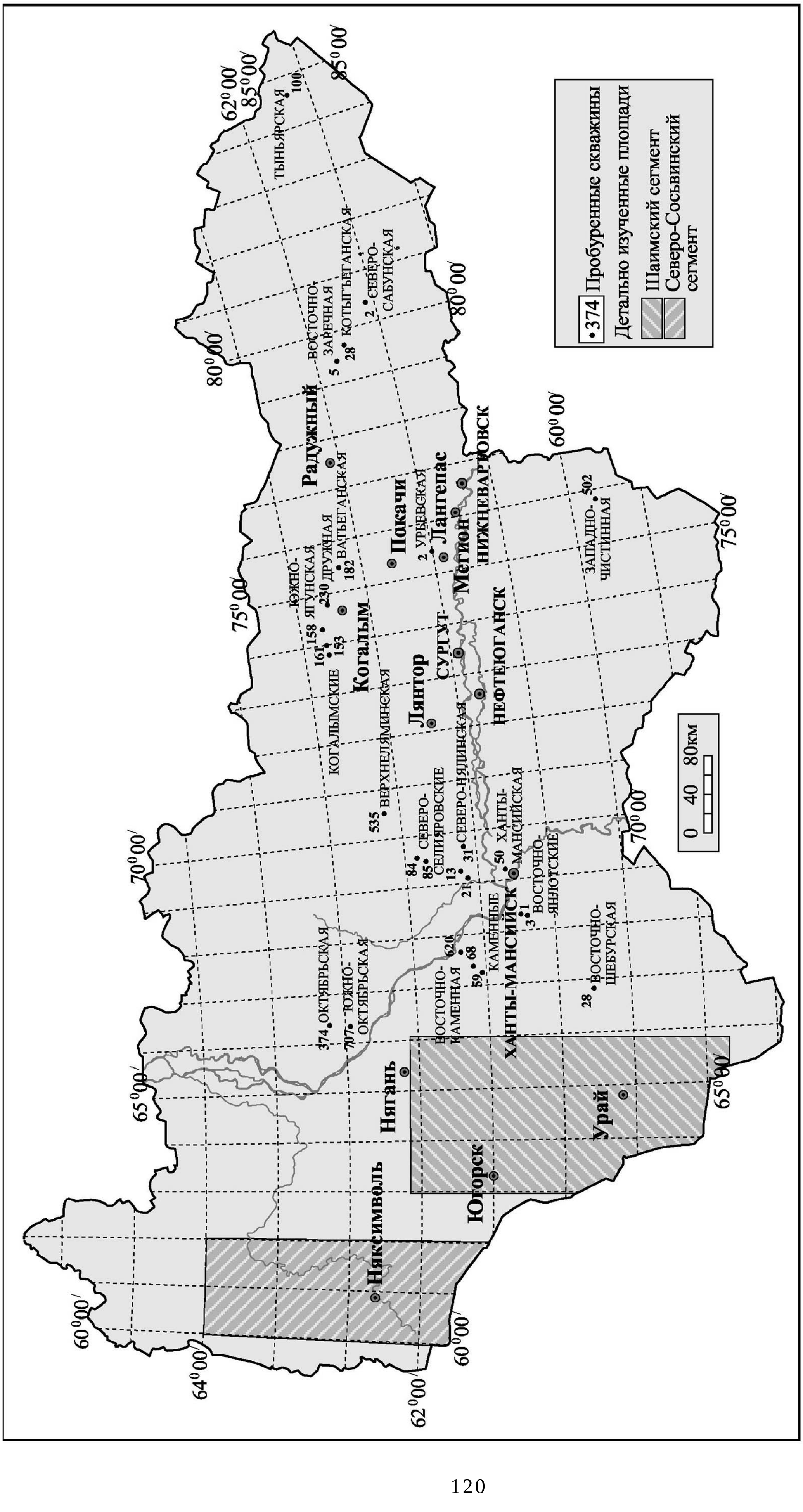

Рис. 1. Расположение площадей и скважин, по которым нами проводятся изотопно-геохронометрические исследования формаций доюрского основания Западной Сибири. Контуром показаны границы Ханты-Мансийского автономного округа.

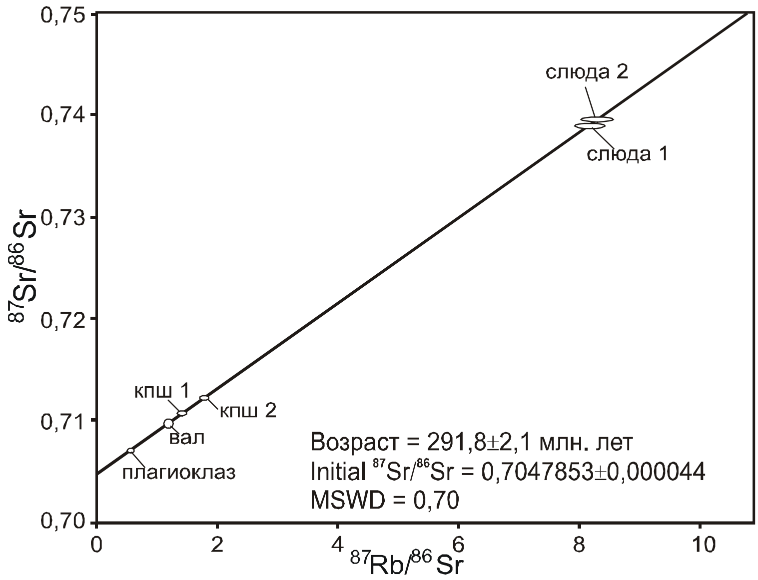

Рис. 2. Rb-Sr изохрона для гранодиорита и выделенных из него минералов Каменной площади (скв. Р68/2555 м).

девременный, поскольку все 3 исследованные цитированными авторами скважины располагаются в одном районе (причем Пермяковская-66 и Хохряковская-58 достаточно близко друг от друга, а Тагринская-114 севернее, т.е. находится от них почти по простиранию триасовых структур) и могут характеризовать только центральную зону Западно-Сибирской платформы. Очевидно, эти исследования необходимо продолжить, охватив и другие районы Западной Сибири.

Изотопный возраст базальтов доюрского основания Северо-Сосьвинского района

В начале этого раздела есть смысл процитировать недавно опубликованную интересную статью [Медведев и др., 2003а] по геохимии базальтов туринской серии, чрезвычайно широко развитых в пределах Западной Сибири и выполняющих здесь ряд триасовых грабенов: «*В доюрском фундаменте выделены породы палеозоя и триаса, большей частью это осадочные комплексы. Вулканогенные породы обнаружены в силуре, девоне, карбоне, перми и триасе..., возраст их в основном определен по находкам фауны. Определение абсолютного возраста призведено только для одного образца базальтов туринской серии, скв. Тагринская-114 ... 248 млн. лет*».

Действительности приведенная цитата отвечает далеко не полностью, поскольку определений абсолютного возраста базальтов туринской серии ранее было все же не одно (и не три, как утверждается в другой статье этих же авторов [Медведев и др., 2003б]), а гораздо больше (например, скв. Лянторская 17 [Конторович и др., 1975], Саймовская параметрическая [Биджаков и др., 1980], ряд определений в Приуральском районе [Иванов, 1974; Гаррис, 1977] и многие другие), но, тем не менее, данная цитата в известном смысле все же справедлива, поскольку определений возраста вулканических пород туринской серии в целом было явно недостаточно.

Проведенные авторами в 2001-2004 гг. комплексные геолого-геофизические исследования области сочленения Западной Сибири с Приполярным Уралом позволили составить геологическую карту доюрского фундамента этого региона масштаба 1 : 500 000 [Федоров, 2004; Иванов и др., 2004а]. Основной структурой территории является триасовый Северо-Сосьвинский грабен. Границы грабена тектонические, что четко устанавливается на его западном крае, к которому приурочен ряд тел серпентинитов. В пределах грабена выделены три формации, снизу вверх: базальтовая, базальт-терригенная и терригенная. Позднетриасовый возраст последней установлен по споро-пыльцевым комплексам [Федоров, 2004]. Базальты грабена относятся к внутриплитным толеитам, они обычно достаточно свежие, сложены плагиоклазом (An 59-65 %), авгитом (с железистостью 0,29-0,33), титаномагнетитом, апатитом и вулканическим стеклом.

Как известно, наиболее ценными и надежными, т.е. реперными являются сходящиеся или близкие по значениям датировки, полученные разными методами определения

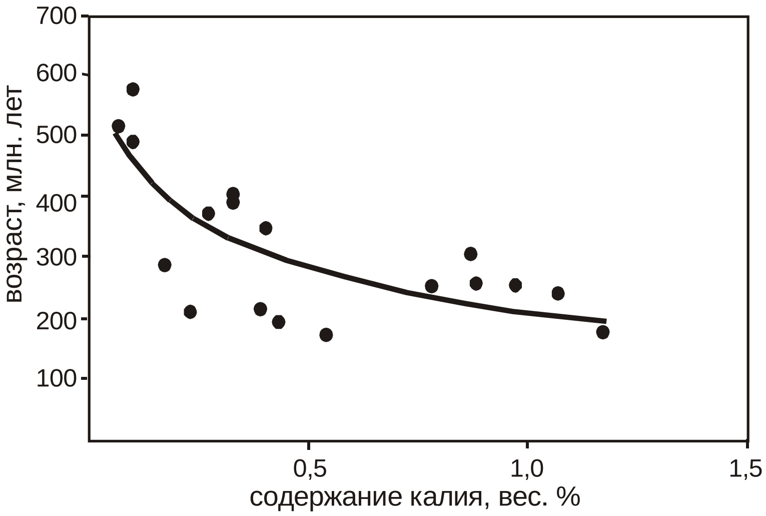

Рис. 3. График отношения возраста к содержанию калия в базальтах Нерохской площади, скв. 11201.

абсолютного возраста по одному и тому же геологическому объекту. Поэтому нами для вулканитов по наиболее представительным в регионе скважинам Нерохской 11201 (глубина 4,5 км), Мапасийской 11203 и Усть-Тапсуйской 4 были выполнены работы по датированию вулканитов комплексом изотопных методов: K-Ar, Rb-Sr и Sm-Nd

K-Ar метод. Таблица полученных данных приведена в работе [Иванов и др., 2004а], всего было выполнено около 40 определений. Для базальтов скв. Нерохская 11201 и Усть-Тапсуйская 4 типичны «триасовые» цифры абсолютного возраста (т.е. в пределах 208-250 млн. лет, при средних значениях примерно 230-240 млн. лет), которые характеризуются значительным разбросом, что, по-видимому, связано с неустойчивостью аргона в основной массе эффузивов и гипергенными процессами, нашедшими свое отражение в соответствующих нарушениях K-Ar системы изученных эффузивов.

Для оценки анализов была использована диаграмма возраст – содержание калия (рис. 3), которая показывает, что с уменьшением калия в породе по логнормальному закону резко растут «возрастные датировки». Причем эти датировки на уровне примерно 360-400 млн. лет (и более, см. рис. 3) однозначно являются более древними, чем истинный возраст породы, определенный комплексом изотопных методов как 230-250 млн. лет (и, что весьма важно, подтвержденный находками споро-пыльцевых комплексов, сделанных нами в тех же скважинах в терригенной и базальт-терригенной формациях Северо-Сосьвинского района). Отметим, что базальты находятся в нормальном, причем пологом залегании, нет никаких свидетельств складчатости, наличия перевернутых залеганий и т.п. На основании этих данных и данных по другим районам нами был сделан вывод [Иванов и др., 2003б; Федоров и др., 2004], что при содержании K_2O в базальтах менее 0,4 вес. %, достоверность определений абсолютного возраста K-Ar методом не гарантируется. Экспериментально полученные данные здесь попадают в своего рода «поле нестабильности» и могут быть получены как достоверные результаты (соответствующие другим геохронометрам и биостратиграфическим данным), так и цифры, явно не соответствующие геологическим и другим фактам. Причины этого не вполне ясны. При обсуждении этого явления профессором А.А. Краснобаевым было высказано предположение, что, возможно, это связано или с выносом из базальтов калия и, как следствие, присутствием избыточного аргона, или с аргоном, захваченным базальтами при кристаллизации из расплава. По-видимому, влияние этого феномена не имеет существенного значения при достаточно высоких содержаниях калия в породе, но может оказаться критическим при низких.

Для определения влияния вторичных изменений на датировки базальтов, был построен график (рис. 4) зависимости «возраста» от содержаний п.п.п. (потери при прокаливании). Выявилось, что при возрастании п.п.п. в вулканитах проявляются два тренда: один тренд дает небольшое уменьшение «возраста», второй тренд – его резкое нарастание. Первый тренд скорей всего является результатом вторичных процессов изменения ба-

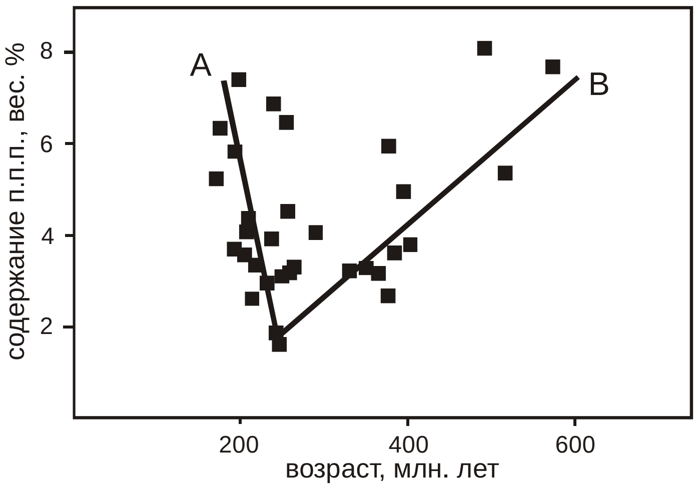

Рис. 4. График отношения возраста к содержанию п.п.п. (потери при прокаливании) в вулканитах Северо-Сосьвинского грабена.

Пояснения в тексте.

зальтов. Природа второго тренда не ясна, возможно, это результат метаморфических преобразований, вероятно как-то связанных с нарушением калий-аргоновой системы. В целом, оба тренда ведут к появлению «кажущихся» возрастов, а пересечение трендов в районе примерно 240 млн. лет, по всей видимости, и определяет область «первичных» возрастов, которые можно трактовать как возраст излияний базальтов Северо-Сосьвинского грабена.

Rb-Sr и Sm-Nd системы. На сегодняшний день нами получено шесть Rb-Sr и Sm-Nd эволюционных зависимостей по базальтам Северо-Сосьвинского района, две из которых опубликованы ранее [Иванов и др., 2004а; Федоров, 2004]. Изученные пробы вулканитов демонстрируют весьма ограниченный диапазон изотопных отношений, как для Rb-Sr, так и для Sm-Nd систем, чем и определяются относительно большие значения неопределенностей полученных нами возрастов. Тем не менее, для базальтов верхней толщи, вскрытых скважиной Нерохская 11201, выявленные центры тяжести возрастов по обоим геохронометрам определяют весьма близкие значения 232 и 234 млн. лет соответственно. Гипотезы существования «ложных» изохронных зависимостей за счет смешения разнородных материалов для обеих геохронометрических систем не находят подтверждения. Таким образом, эффузивы, вскрытые скв. 11201, можно датировать средним триасом.

Возраст базальтов нижней толщи, вскрытых скв. Мапасийской 11203, определенный Rb-Sr методом, составил 238±15 млн. лет (рис. 5, табл.1), при MSWD (средний квадрат взвешенных отклонений) = 1,6.

Nd модельные возраста, оцененные относительно деплетированного источника T_{DM}, выявляют возможный палеозойский возраст протолита (388-422 млн. лет), вероятно, мантийного плюма, отделившегося от истощенной мантии, из которого в последующем вып-

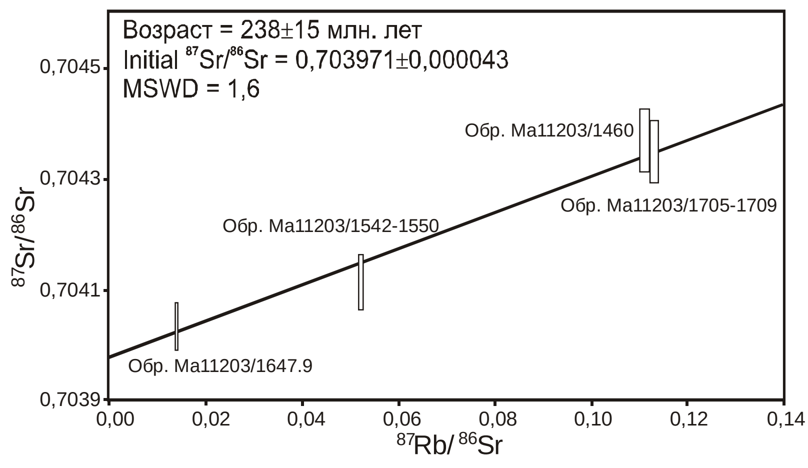

Рис. 5. Rb-Sr изохрона по валовым пробам базальтов Мапасийской площади (скв. 11203).

Таблица 1

Результаты измерений изотопного состава Rb и Sr в базальтах скв. Мапасийская 11203 (Северо-Сосьвинский район)

Образец	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}Rb/^{86}Sr$	±2σ	$^{87}Sr/^{86}Sr$	±2σ
Ма11203/1647,9 м	2,55	519	0,0141	0,0001	0,704034	0,00004
Ма11203/1542-1550 м	6,01	331	0,0523	0,0004	0,704120	0,00005
Ма11203/1460 м	15,90	411	0,1111	0,0009	0,704372	0,00006
Ма11203/1705-1709 м	15,00	380	0,1132	0,0009	0,704354	0,00006

Примечание. Изотопный состав Rb, Sr и их концентрации определялись масс-спектрометрическим (Finnigan MAT 262) методом изотопного разбавления с применением смешанного трассера $^{85}Rb + ^{84}Sr$. Уровень фонового содержания (общий холостой опыт) не превышал 1 нг Sr и 2-3 нг Rb. Воспроизводимость Rb-Sr результатов оценивалась по результатам параллельных измерений международных стандартов: для Sr – MTI (стандарт Массачусетского технологического института, США). Точность определения Rb/Sr отношений вычислялась по долговременной воспроизводимости измерений стандарта BCR-2 [Wilson, 1997] и составила 0,2-0,8 % относительных единиц. Вычисление и оценка параметров эволюционных диаграмм осуществлялась с применением соответствующих регрессионных программ [Ludwig, 2001].

лавились базальты. Изученные породы, расположены в квадранте I диаграммы (рис. 6) $\epsilon_{Sr}(T) - \epsilon_{Nd}(T)$, и произошли из источников, в которых как отношение Rb/Sr, так и Sm/Nd больше, чем их значения в CHUR и UR. Параметр обогащения (f), характеризующий положение фигуративных точек в указанных координатах, варьирует таким образом, что его положительные значения (f > 0) указывают на более высокие отношения Rb/Sr и Sm/Nd, по сравнению с теми, которые существуют в резервуарах Nd и Sr. В соответствии с этим, источники магмы пород в квадранте I диаграммы $\epsilon_{Sr}(T) - \epsilon_{Nd}(T)$ имеют $f_{Sm} > 0$ и $f_{Rb} > 0$. Подобное поведение как Sm, так и Rb, находится в известном противоречии с геохимическими свойствами этих элементов. Смещение точек вправо от мантийной последовательности, по-видимому (наиболее простая и логичная трактовка), вызвано добавлением морского Sr или изотопным обменом с ним в ходе реакций с морской водой триасового времени.

Увязка всей полученной геохронометрической информации с имеющимся банком комплексных геолого-геофизических данных позволяет выделить [Иванов и др., 2004а, и др.] два этапа в геодинамической истории формирования грабена. 1) Ранне-среднетриасовый. Ограниченное постколлизионное растяжение региона. Формирование грабена, ограниченного сбросами, образование базальтовой и базальт-терригенной формаций. 2) Позднетриасовый. Формирование асимметричной

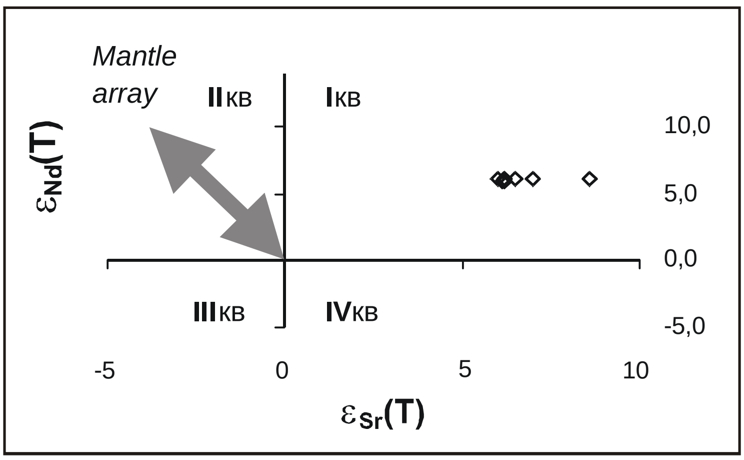

Рис. 6. Изотопные составы стронция и неодима в базальтах Нерохской площади, скв. 11201. Пояснения в тексте.

структуры грабена и листрического разлома в его западном борту. Поворот по этому разлому крупного блока коры, в результате чего нижние слои грабена вышли на востоке на уровень эрозионного среза. В западной части грабена – появление приразломных мульд. Мы полагаем, что именно таким образом образовывались и другие, пока менее изученные триасовые ассиметричные грабены (так называемые «полуграбены»), очень широко развитые в Западно-Сибирском мегабассейне. Этот триасовый вулканизм является результатом рассеянного рифтогенеза и связан с субширотным растяжением Урала и заложением Западно-Сибирского мегабассейна.

Новые изотопно-геохронометрические данные о возрасте формаций доюрского основания Шаимского нефтегазоносного района Западной Сибири

Как известно, открытие и освоение нефти в Западной Сибири началось именно с Шаимского района. Характерной особенностью этой территории является сравнительно хорошая изученность бурением доюрских комплексов в его пределах, что связано как с небольшой глубиной их залегания (1,4-2 км), так и с тем, что из них получены промышленные притоки нефти. Нами проводится комплексное геолого-геофизическое изучение фундамента Шаимского нефтегазоносного района и составлена геологическая карта масштаба 1 : 200 000 (с генерализацией до масштаба 1 : 500 000) его доюрского основания [Иванов и др., 2003а].

На этой территории выделяется три структурных этажа. Нижний структурный этаж – это комплексы Уральского складчатого пояса, среди которых в результате изучения их вещественного состава, абсолютного возраста и биостратиграфии на карте нами были выделены следующие формации и комплексы: 1. Офиолиты (базальты, яшмы и др.) ордовикского возраста; 2. Батиальная терригенно-черносланцевая формация ордовика-раннего силура; 3. Вулканогенно-осадочные комплексы среднего палеозоя (преимущественно девона) островодужного типа; 4. Карбонатные отложения девона и карбона; 5. Терригенные и терригенно-сланцевые отложения карбона; 6. Серпентиниты; 7. Плагиограниты; 8. Гранитоиды ранней перми; 9. Метаморфическое сланцевое обрамление гранитоидов.

Средним структурным этажом региона являются триасовые вулканогенные и, реже, терригенно-вулканогенные толщи, слагающие ряд грабенов. На карте среди триасовых образований выделены: 1.Формация внутриплитных кайнотипных базальтов; 2. Липарит-базальтовая формация; 3. Эффузивы, с преобладанием туфов смешанного состава; 4. Габбро и габбро-долериты.

Верхним структурным этажом территории являются юрские и более молодые осадки Западно-Сибирского мегабассейна.

По отобранным нами пробам из формаций нижнего и среднего структурных этажей было выполнено около 100 определений возраста K-Ar методом, часть из которых приведена в таблице 2, и несколько Rb-Sr и Sm-Nd изохрон. Наибольшее количество анализов было сделано в двух региональных структурах – Даниловском триасовом грабене (Тальниковая, Северо-Даниловская, Даниловская и др. площади) и «гранито-сланцевой оси», или, по другому, Шаимско-Кузнецовском мегантиклинории (Трехозерная, Дорожная, Ловинская, Толумская и другие площади). «Гранито-сланцевая ось» характеризуется региональной отрицательной аномалией поля силы тяжести. Локальные субизометричные отрицательные аномалии в пределах этой структуры интерпретируются нами как позднепалеозойские массивы гранитоидов, а обрамление этих аномалий – как вмещающие метаморфические сланцы. Позднепалеозойский, раннепермский возраст гранитов устанавливается в скв. В.-Окуневская 10484 – 279±7 млн. лет (K-Ar метод) и 284±5 млн. лет (Rb-Sr данные). Обрамление гранитов сложено разнообразными сланцами зеленосланцевой фации метаморфизма, среди которых преобладают серицит-кварцевые, альбит-хлорит-кварцевые, графит-кварцевые разности. Возраст метаморфизма сланцевого комплекса раннепермский – в среднем, 279±8 млн. лет; примечательно, что это совпадает с вышеприведенным возрастом гранитов.

Первые результаты изучения возраста формаций доюрского основания Западной Сибири U-Pb методом и их обсуждение

В Шаимско-Кузнецовском мегантиклинории возраст субстрата метаморфических

Таблица 2

Калий-аргоновый возраст для пород Шаимского нефтегазоносного района

№№	Площадь	Скважина, глубина, порода	K, мас. %	Ar, нг/гр	T, млн. лет
1	Тальниковое	Та10329/1782 риолит	4,10	72,50	239±6
2		Та6804/1787 риолит	4,5	79,3	238±6
3		Та10417/1822 базальт	0,885	15,8	241±7
4	Трехозерная	Тр1729/1472 гранит	1,80	30,10	227±7
5		Тр1758/1748 сланец	1,55	30,9	267±6
6	Северо-Даниловская	Сда10147/1773 риолит	4,55	83,10	246±6
7		Сда6364/1800 риолит	4,05	71,50	238±6
8	Семивидовская	Се1276/1933 сланец	1,85	40,7	292±9
9		Се1276/1944 сланец	1,95	36,10	249±7
10	Средне-Мулымьинская	СМу10462/1784,3 базальт	1,20	21,40	240±7
11	Дорожная	До10803/1843-1846 сланец	0,87	19,4	296±10
12		До10803/1808 сланец	1,4	30,4	289±8
13	Убинская	Уб10585/2014 сланец	3,25	74,2	302±9
14	Узбекская	Уз9074/1762 базальт	0,96	20,0	278±10
15		Уз10357/1734 риолит	1,43	28,4	266±9
16	Северо-Шушминская	Сшу10094/2035 базальт	1,00	18,00	242±7
17	Евринская	Ев7/1540 глинистый сланец	2,60	42,30	221±6
18	Лазаревская	Ла10274/2213 сланец	2,15	53,00	325±10
19	Ловинская	Ло9329/2316-2326 сланец	0,46	11,20	321±15
20	Мулымьинская	Му1615/1683 сланец	1,70	34,00	268±8
21	Восточно-Лазаревская	ВЛа10393/2150 габбро	0,42	8,5	270±16
22	Восточно-Окуневская	ВОк10484/1601 гранит	2,25	47,0	279±7
23	Верхне-Супринская	ВСу10198/2027 базальт	1,15	17,9	212±6
24	Восточно-Шушминская	ВШу10185/2110 долерит	1,5	29,2	261±8
25	Даниловская	Да72/1779 базальт	0,77	6,3	114±6
26	Круглая	Кр1р 2727/1900 базальт	0,115	2,0	235±20
27	Тетеревская	Те7036/1659 сланец	0,905	18,3	271±8
28	Толумская	То3983/1898 сланец	1,3	28,1	288±8
29		То10519р/1890 сланец	2,05	48,5	313±10
30		**То10519р/1890 сланец**	**1,45**	**30,1**	**277±8**
31		**То10518/1794-1796 сланец**	**0,89**	**19,2**	**287±10**
32		То10804/1768 сланец	1,7	28,4	226±7
33		То10804/1771 сланец	1,3	24,7	256±8
34	Половинкинская	Пол111/2115-2125/1,4 базальт	1,08	21,0	261±9

Примечание. 1 – содержание калия определено рентгеноспектральным способом на спектрометре СРМ-18. 2 – содержание радиогенного аргона выполнено на масс-спектрометре МИ-1330 с использованием трассера, обогащенного изотопом Ar^{38}. 3 – при расчете возрастов использованы константы, принятые в 1976 году. Аналитик Б.А. Калеганов, ИГГ УрО РАН. Полужирным выделены пробы, в которых сделан возраст цирконов.

сланцев (позднекарбоновый-раннепермский возраст их метаморфизма установлен нами K-Ar методом, см. выше) изучался нами Sm-Nd методом, а также U-Pb методом по цирконам (это было первое в Западной Сибири исследование такого рода). Анализ изотопного состава U и Pb цирконов, отобранных из серицит-кварцевых сланцев из гранито-сланцевой оси Шаимского района проводился в кооперации с Университетом г. Аахен (Германия), с использованием трассера $^{205}Pb/^{233}U$ с окончанием на твердофазном мультиколлекторном масс-спектрометре. Для анализа были отобраны единичные кристаллы с минимальным количеством включений. Результаты измерений приведены в таблице 3 и на графике с конкордией (рис. 7) в координатах $^{207}Pb/^{235}U$ – $^{206}Pb/^{238}U$. Верхнее пересечение дискордии с конкордией дает средне-позднедевонский возраст (373±17 млн. лет) [Иванов и др., 2005]. Эти данные определяют средне-позднедевонский возраст субстрата, т.е. исходных пород, подвергшихся позднее (в ранней перми) метаморфизму.

Недавно была опубликована весьма интересная статья [Бочкарев и др., 2004], также посвященная результатам датирования U-Pb методом, под названием «Первые прецизионные определения абсолютного возраста палеозойских пород фундамента Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна». И название, и содержание статьи неоднозначно. Ее авторы приводят данные (к сожалению, лишь в очень краткой форме, что значительно ограничивает представление о правомочности производимых далее выводов) о датировании цирконов, выделенных из керна скважин Западно-Таркосалинская 99р (базальты; 346 млн. лет) и Восточно-Салехардская 4 (габбро; 342 млн. лет) и делают заключение, что эти *«…данные …сильно ограничивают возможное распространение триасовых базальтов трапповой формации»* в фундаменте Западной Сибири. Не вполне понятно, почему В.С. Бочкарев с коллегами именно эти результаты считают «первыми прецизионными», а полученные нами ранее современными методами достаточно многочисленные датировки таковыми не считают. Относительно фрагмента заголовка *«прецизионные»* можно говорить о том, что U-Pb датирование с помощью SHRIMP по точности, в общем случае, проигрывает ID-TIMS [Ронкин и др., 2005а, и др.]. Гораздо важнее то, что, несмотря на убежденность В.С. Бочкарева с соавторами о прецизионности полученных данных, изученные ими базальты и габбро, тем не менее, вполне могут иметь и типичный для базальтов фундамента Западной Сибири триасовый возраст.

На чем основываются наши сомнения? Дело в том, что, строго говоря, авторами работы [Бочкарев и др., 2004] датированы лишь

Таблица 3

Результаты измерений изотопного состава Pb и U в цирконах из кварц-серицитовых сланцев скважины Толумская 10518/1796 (Шаимский район)

Образец	Pb pg	U pg	$^{206}Pb/^{204}Pb$[1]	±2σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$[1]	±2σ	$^{207}Pb/^{235}U$[1]	±2σ	$^{206}Pb/^{238}U$[1]	±2σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$ млн. лет	$^{207}Pb/^{235}U$ млн. лет	$^{206}Pb/^{238}U$ млн. лет	Rho
To10518/2	79	1484	1281,6	1,4	0,05395	0,00021	0,4006	0,0022	0,0539	0,0002	369	342	338	0,70
To10518/1	129	2320	2318,4	1,4	0,05404	0,00014	0,4227	0,0050	0,0567	0,0007	373	358	356	0,97

Примечание. [1] атомные отношения, скорректированные на холостой(< 10 pg), фракционирование (0,11±0,02/amu) и общий свинец по двухстадийной модели [Stacey, Kramers, 1975]. U-Pb датирование единичных кристаллов циркона было выполнено методом изотопного разбавления с применением смешанного трассера $^{205}Pb/^{233}U$, одновременного разложения шести кристаллов в тефлоновой капсуле и дальнейшего масс-спектрометрического анализа (Finnigan MAT 262) без предварительного хроматографического разделения Pb и U [Синдерн и др., 2003]. Pb определялся при температурах 1200-1380°С, а U – при 1400-1500°С [Lancelot et al., 1976]. Измерения велись в основном с помощью SEM, который был предварительно откалиброван по процедуре, подобной описанной в [Roddick et al., 1987]. Калькуляция U-Pb экспериментально полученных данных осуществлялась с помощью Isoplot ver. 2.49 [Ludwig, 2001].

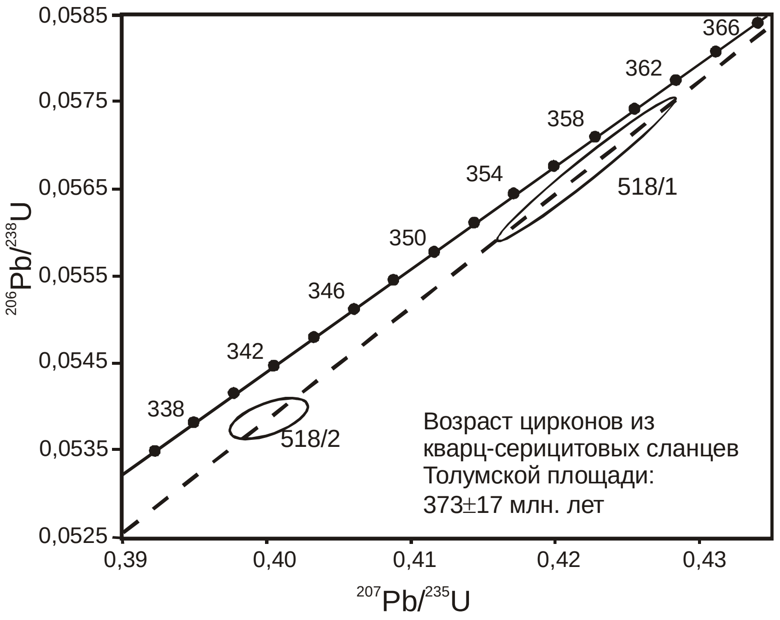

Рис. 7. U-Pb возраст цирконов из кварц-серицитовых пород Толумской площади (скв. То10518/ 1796 м).
Пояснения в тексте.

цирконы из базальтов, а не сами базальты, не время их излияния. Благодаря термохимической устойчивости цирконов, обладающих, как известно, уникальной способностью сохранять «память» о ранних, предыдущих геологических событиях, в литературе многократно описаны случаи нахождения древних цирконов в гораздо более молодых магматических (и других) комплексах [Ahrens et al., 1967, и др.]. Например, установлено, что в кимберлитах Южной Австралии цирконы могут быть значительно древнее, чем возраст внедрения самих кимберлитов [Chen et al., 1994]. Аналогичные результаты получены в кимберлитах Ботсваны [Kinny et al., 1989], где датированы две популяции цирконов: одна с возрастом 235 млн. лет, отражающая время формирования кимберлитовых трубок, а вторая (с возрастом 2,1-2,8 млрд. лет) показала возраст цирконов из алмаз-содержащей мантии. Подобную картину с вариациями возрастов цирконов в огромном диапазоне 2800-47 млн. лет наблюдали [Bindeman et al., 2002] при изучении цирконов Западной Камчатки с помощью SHRIMP.

Еще более поразительные примеры (и имеющие непосредственное отношение к обсуждаемой проблеме возраста цирконов из базальтов Западной Сибири) несоответствия между древним возрастом цирконов и молодым возрастом вмещающих пород дают результаты изучения цирконов из базитов Срединно-Атлантического хребта, на юге его северной половины, в районе зоны Кэйн [Pilot et al., 1998, и др.]. Здесь, в 2000 км от континентальных окраин и вдали от каких-либо островов, микроконтинентов и т.п., бурением вскрыт разрез ***современной новообразованной океанической коры,*** представленной базальтами, габброидами (нормальное габбро, оливиновое габбро, габбро-нориты, оливиновые габбро-нориты и троктолиты) и гарцбургитами. Определения возраста по цирконам из двух образцов габбро были сделаны по единичным цирконам методом Кобера ($^{207}Pb/^{206}Pb$), подтверждены классическим U-Pb методом и ионным микрозондом на SHRIMP. В итоге из одного образца габбро были получены возраста цирконов 281±2, 284±7 и 312±67 млн. лет, а из второго – 490 млн. лет (нижнее пересечение конкордии) и 1722 млн. лет (верхнее пересечение). Авторы статьи [Pilot et al., 1998] предлагают два возможных альтернативных объяснения нахождения древних цирконов в современных (0,7-0,9 млн. лет по полосовым магнитным аномалиям) базитах.

1. Во время раскрытия Атлантики материал растягивающейся континентальной коры мог затонуть в сравнительно небольших конвективных ячейках, циркулирующих до уровня верхней мантии и затем (через 150 млн. лет после открытия Атлантики) быть повторно вовлеченным в процесс выплавления океанической коры.

2. Блоки древней континентальной коры могли быть зажаты на месте зарождающегося срединного хребта благодаря серии

смещений по трансформным разломам, сопровождающимся смещениями самого хребта.

Для обсуждаемой нами проблемы совершенно неважно, какое из этих объяснений (или какое-либо еще) справедливо. Важно, что находки древних цирконов есть среди современных базитов, и они не единичны. Заметим также, что не проходит казалось бы возможный вывод о древнем возрасте СОХ, хотя бы потому, что и находки здесь цирконов с возрастом менее 2 млн. лет тоже описаны.

Проблема нахождения древних (палеозойских и, возможно, более древних) цирконов в триасовых базальтах Западной Сибири гораздо проще вышеотмеченной – ***такие цирконы в этих базальтах просто обязаны быть***. Циркон, как известно, очень устойчивый минерал. По [Metzger, Krogstad, 1997] диффузия свинца незначительна до температур, по крайней мере, 1000°С. Ли с соавторами [Lee et al., 1997] показали, что температуры закрытия U-Th-Pb системы в природных цирконах превышают 900°С. Эти исследователи определили коэффициенты диффузии свинца при температурах 900, 1000 и 1100°С при разных условиях. Из их расчетов следует, что цирконы могут сохранять их «память» при температуре 900°С в течение 150 млн. лет.

В обсуждаемом случае нахождения цирконов в триасовых габбро Западной Сибири такого продолжительного времени нахождения при высоких температурах не требуется. В быстро застывающем базальте циркону сохраниться еще значительно проще, чем в габбро, которое кристаллизуется в течение несколько более длительного времени и в более глубинных условиях. Раннетриасовые базальты Западной Сибири изливались, как известно [Куликов и др., 1972; Мегакомплексы…, 1986, и др.], преимущественно в узких рифтах. При этом поднимающаяся в результате частичного плавления мантийного диапира базальтовая магма неизбежно должна была взаимодействовать с растягивающейся в результате формирования рифта континентальной корой, частично ее расплавлять, захватывая не плавящиеся при этом цирконы, сохраняющие свою память.

Существенное влияние более древней континентальной коры на состав триасовых базальтов Западной Сибири может быть проиллюстрировано геохимическими данными на разных диаграммах. Так, например, на рис. 8 представлены составы триасовых базальтов Даниловского грабена (на основе HR/ICP-MS анализов, выполненных на анализаторе Element 2 [Ронкин и др., 2005б]), вынесенные на дискриминационную диаграмму Hf/Yb – Nd/Yb (по [Pearce et al., 1999]). Из диаграммы видно, что составы триасовых базальтов тяготеют к области континентальной коры, не совпадая с «океаническим» трендом.

Таким образом, в результате исследований [Бочкарев и др., 2004] датированы цирконы из базальтов и габбро из скважин Западно-Таркосалинской 99р и Восточно-Салехардской 4, но не сами базальты и габбро, как магматические горные породы. Про возраст последних, пока можно лишь сказать, что они не древнее раннего карбона. Могут

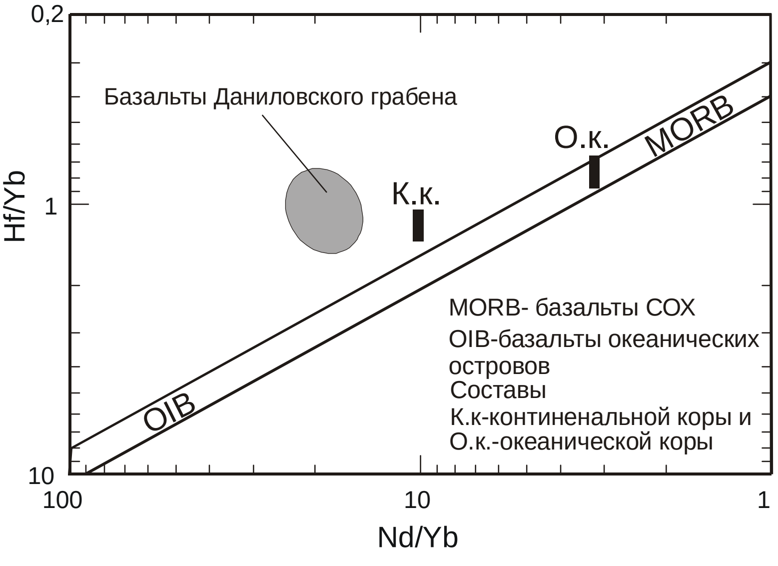

Рис. 8. Положение триасовых базальтов из Даниловского грабена Шаимского района на дискриминационной диаграмме Hf/Yb – Nd/Yb (по [Pearce et al., 1999, и др.]).

ли эти базальты быть раннекарбоновыми, как полагают В.С. Бочкарев с коллегами? Да, могут, но это пока не доказано. Вариант с предполагаемым нами триасовым возрастом данных базальтов и габбро, по крайней мере, ничуть не менее вероятен. В любом случае их изучение следует продолжить, сравнив в частности их геохимические характеристики с доказанными триасовыми базитовыми комплексами Западной Сибири.

Все сказанное выше ничуть не отрицает важности использования цирконовой геохронологии в Западной Сибири. Напротив, эти исследования необходимо всячески продолжать и развивать.

Примеры нетрадиционного применения K-Ar метода в Западной Сибири

В предыдущем разделе был еще раз проиллюстрирован известный тезис о том, что в принципе не существует «плохих» или «хороших» геохронологических методов; каждый из них хорош для решения каких-то своих определенных задач и менее пригоден для других. В этой связи отметим, что потенциал K-Ar метода в Западной Сибири далеко не исчерпан и, кроме стандартного датирования, возможно и нетрадиционное его применение. Так, кроме определения собственно возрастов образования комплексов горных пород (исключительно к чему, как правило, и стремится наибольшая часть геологов), возможны выявления K-Ar методом возрастов наложенных тектоно-термальных событий, таких как выведение магматических и метаморфических комплексов на приповерхностный уровень, определение эпох тектонической активизации (в том числе связанных с нефтегенерацией) и других чрезвычайно важных этапов развития регионов.

Так, с помощью K-Ar метода исследовалась взаимосвязь тектоники фундамента и осадочного чехла Западно-Сибирской платформы [Федоров и др., 2004]. Было использовано 167 определений (из них 90 % – авторские) K-Ar возраста базальтов туринской серии триаса. Известно, что в ортоплатформенном чехле Западной Сибири, с юры и по настоящее время вулканические породы не формировались; рассматриваемые вулканиты туринской серии с хорошо фиксируемым несогласием повсеместно перекрываются юрскими и, редко, более молодыми осадками. Поэтому значительная часть датировок вулканических пород (по крайней мере, все те, что менее 208 млн. лет) указывает не на время их образования, а на время вторичных изменений пород. Такие преобразования пород связаны с эпохами тектоно-термальной активности территории: чем выше тектоническая активность, тем больше породы затронуты вторичными преобразованиями, что ведет к появлению большего количества проб с датировками, отвечающими этапам тектонической активизации. Было установлено [Федоров и др., 2004], что в течение этапов активизации фундамента, выделенных по K-Ar данным, формировались преимущественно песчанистые пачки чехла Западно-Сибирской платформы, зачастую являющиеся коллекторами нефти. Периодам же тектонической паузы, спокойствия фундамента обычно соответствуют временные интервалы накопления глинистых горизонтов чехла, включая углисто-глинистые, т.е. нефтематеринские. Выделены следующие этапы эндогенной активности региона: 1. Поздняя пермь-ранний и средний триас (пик 250-230 млн. лет) – рифтогенез и интенсивный вулканизм; 2. Ранняя юра (210-200 млн. лет) – короткая, но интенсивная вспышка тектонической активности, сопровождавшаяся поднятием территории; 3. Средняя юра (180-160 млн. лет) – тектонический этап, сопровождавшийся дифференцированными поднятиями и опусканиями территории, накопление континентальных осадков тюменской свиты; 4. Ранний мел (пик 130-120 млн. лет) – новая вспышка тектонической активности, формирование песчано-глинистой морской клиноформной формации; 5. Поздний мел-ранний палеоген (пик 80-70 млн. лет) – тектоническая активность с медленным затуханием.

Наиболее спокойная тектоническая обстановка была в конце позднего триаса, в конце ранней юры, в поздней юре и баррем-аптском веках раннего мела. С этими этапами в орточехле связано накопление глинистых отложений тогурской и радомской пачек (конец ранней-начало средней юры), абалакской, баженовской и даниловской свит (поздняя юра-низы раннего мела), алымского горизонта (ранний апт) [Федоров и др., 2004].

Выделенные этапы тектонической активности Западной Сибири достаточно хоро-

Таблица 4

Результаты K-Ar датирования гранодиорита по скважине Северо-Нялинская 31-п

№№	Номер образца	название	K, %	$Ar_{рад}$, нг/г	T, млн. лет
1	С-Н31-п 3051-3055/3,0	гранодиорит	2,15	36,6	230±9
2	С-Н31-п 3051-3055/3,0	амфибол	0,59	10,1	231±10
3	С-Н31-п 3051-3055/3,0	полевой шпат	2,05	30,4	202±7
4	С-Н31-п 3051-3055/3,0	слюда	1,10	18,5	228±10

Примечание. 1 – содержание калия определено рентгеноспектральным способом на спектрометре СРМ-18. 2 – содержание радиогенного аргона выполнено на масс-спектрометре МИ-1330 с использованием трассера, обогащенного изотопом Ar^{38}. 3 – при расчете возрастов использованы константы, принятые в 1976 году. Аналитик Б.А. Калеганов, ИГГ УрО РАН.

шо синхронизируются с крупнейшими этапами тектонической перестройки других районов Земли (Урала и др.).

Наличие меловых этапов тектонической активизации фундамента Западной Сибири, совпадающих по времени с начальным этапом реализации нефтегенерационного потенциала нижнеюрских слабо-битуминозных пластов открывает, на наш взгляд, некоторые новые возможности прогноза залежей углеводородов в верхней части доюрского комплекса. Основным поисковым признаком, по крайней мере, на первом этапе прогноза, будет являться наличие на некоторой территории крупных дизъюнктивов, переживших активизацию на ортоплатформенном этапе развития мегабассейна. На следующем шаге исследований очевидной является необходимость картирования радомской и тогурской пачек чехла в областях развития нижнеюрских отложений и картирования верхнеюрских битуминозных слоев в тех регионах, где разрез чехла заметно сокращен, и среднеюрские отложения выклиниваются к сводам поднятий. Под целевым картированием понимается прослеживание линий выклинивания и построение карт изопахит как самих нефтегенерационных толщ, так и карт изопахит отложений, залегающих между подошвой, допустим, тогурской пачки и кровлей доюрского комплекса. Последние карты дают возможность оценить степень удаленности по вертикали нефтегенерирующей толщи от возможно нефтелокализующей.

В фундаменте Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна преимущественно геофизическими методами ранее был установлен ряд крупных блоков коры сиалического состава, которые (при отсутствии прямых данных) обычно трактовались как докембрийские срединные массивы. Один из наиболее крупных таких блоков был недавно впервые вскрыт пройденной до фундамента скважиной Северо-Нялинская 31-п (ее местоположение показано на рис. 1), пробуренной на территории так называемого Уват-Ханты-Мансийского срединного массива. Ею на глубине 3050-3055 м были обнаружены средне-крупнозернистые гранодиориты. Минеральный состав гранодиоритов: плагиоклаз 30-35 %, калиевый полевой шпат 5-10 %, кварц 15-20 %, амфибол 15-20 %, хлорит 5 %, биотит 5 %, эпидот до 5 %, титанит 6-7 %, клиноцоизит, алланит, рудный минерал, мусковит – все менее 5 %. Результаты K-Ar датирования гранодиорита (порода в целом) и слагающих его минералов (из них плагиоклаз наиболее подвержен изменениям) по скважине Северо-Нялинская 31-п приведены в таблице 4. Учитывая достаточно интенсивные вторичные преобразования породы, полученные цифры трактуются нами как время последнего тектоно-термального события. По-видимому, этим событием было выведение гранодиоритового массива в верхние горизонты коры при триасовом рифтогенезе Западной Сибири.

Полученная из этих же гранодиоритов Rb-Sr изохрона (наши данные) доказывает раннепермский возраст собственно магматического внедрения этого массива.

Приведенные результаты свидетельствуют, что, по крайней мере, в некоторых случаях, выделяемые по геофизическим данным в фундаменте Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна сиалические блоки представлены не докембрийскими метаморфическими комплексами (как чисто гипотетически предполагали многие исследователи), а имеющими сходные геофизические характеристики гранитоидами.

Заключение

Главные результаты проведенного нами изучения сводятся к следующему:

1. Проведены изотопно-геохронометрические исследования магматических и метаморфических комплексов доюрского основания западной и центральной частей Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна с определениями возрастов пород K-Ar, Ar-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd и U-Pb методами; последние три применены в Западной Сибири впервые.

2. Проведены исследования состава, возраста, формационной и геодинамической природы гранитоидов Северо-Нялинской, Каменной, Северо-Каменной, Урьевской, Адым-Юганской, Восточно-Окуневской и других площадей. Получен ряд изохрон и изотопных характеристик, позволяющих обоснованно судить как о генезисе и возрасте самих гранитных плутонов, так и об их последующих преобразованиях.

3. Изучен абсолютный возраст базальтов доюрского основания Северо-Сосьвинского района. Для вулканитов по наиболее представительным в регионе скважинам Нерохской 11201, Мапасийской 11203 и Усть-Тапсуйской 4 были выполнены работы по датированию комплексом изотопных методов: K-Ar, Rb-Sr и Sm-Nd. Для базальтов верхней толщи, вскрытых скважиной 11201, выявленные центры тяжести возрастов по Rb-Sr и Sm-Nd геохронометрам определяют весьма близкие значения 232±15 и 234±16 млн. лет соответственно. Таким образом, эффузивы, вскрытые скважиной 11201, датируются средним триасом. Возраст базальтов нижней толщи, вскрытых скважиной Мапасийской 11203, определенный Rb-Sr методом, составил 238±15 млн. лет.

4. Сделан вывод, что при содержании K_2O в базальтах менее 0,4 вес. % достоверность определений абсолютного возраста K-Ar методом не гарантируется. Отсюда следует рекомендация всем геологам использовать это содержание (0,4 % K_2O) в качестве граничного для предварительной разбраковки проб на непригодные и возможно годные для определения возраста K-Ar методом.

5. При картировании доюрского основания Шаимского нефтегазоносного района Западной Сибири получен большой объем новых изотопно-геохронометрических данных (K-Ar и Rb-Sr методы) о возрасте базальтов и липаритов туринской серии триаса, позднепалеозойских (раннепермских) гранитоидах и метаморфических сланцев обрамления гранитоидов.

6. Установлен позднекаменноугольный-раннепермский возраст метаморфизма сланцевого комплекса Шаимского района; возраст субстрата метаморфических сланцев изучался U-Pb методом по цирконам, в результате установлен средне-позднедевонский (373±17 млн. лет) возраст исходных пород.

7. Интерпретация недавно опубликованных результатов [Бочкарев и др., 2004] по датированию U-Pb методом цирконов из керна скважин Западно-Таркосалинская 99р и Восточно-Салехардская 4 показывает, что изученные ими базальты и габбро могут иметь и типичный для базальтов основания Западной Сибири триасовый возраст. Триасовые базальты Западной Сибири изливались преимущественно в узких рифтах. При этом поднимающаяся базальтовая магма взаимодействовала с растягивающейся в результате формирования рифтов континентальной корой, частично ее расплавляла, захватывая цирконы, сохраняющие свою память. Таким образом, в результате исследований В.С. Бочкарева и его коллег датированы цирконы, но не сами базальты и габбро, как магматические горные породы. Про возраст последних, пока можно лишь сказать, что они не древнее раннего карбона.

8. Кроме определения собственно возрастов образования комплексов горных пород, возможны выявления K-Ar методом возрастов наложенных тектоно-термальных событий, таких как выведение магматических и метаморфических комплексов на приповерхностный уровень, определение эпох тектонической активизации (в том числе связанных с нефтегенерацией) и других важных этапов развития регионов.

9. В фундаменте Западно-Сибирского мегабассейна преимущественно геофизическими методами ранее был установлен ряд крупных блоков коры сиалического состава,

которые обычно трактовались как докембрийские срединные массивы. Изучение вещества, впервые вскрытого скважиной Северо-Нялинская 31-п так называемого Уват-Ханты-Мансийского срединного массива, обнаружило здесь раннепермский гранодиоритовый массив, преобразованный во время триасового тектоно-термального события. По всей вероятности, этим событием было выведение массива в верхние горизонты коры при триасовом рифтогенезе Западной Сибири. Новые данные свидетельствуют, что, по крайней мере, в некоторых случаях, выделяемые по геофизическим данным в фундаменте Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна сиалические блоки представлены не докембрийскими метаморфическими комплексами, а имеющими сходные геофизические характеристики гранитоидами.

10. С помощью K-Ar метода исследовалась [Федоров и др., 2004] взаимосвязь тектоники фундамента и осадочного чехла Западно-Сибирской платформы. Было установлено, что в течение этапов активизации фундамента, выделенных по K-Ar данным, формировались преимущественно песчанистые пачки чехла Западно-Сибирской платформы. Периодам же тектонического спокойствия фундамента обычно соответствует время накопления глинистых горизонтов чехла. Выделены следующие этапы эндогенной активности региона: 1. Поздняя пермь-ранний и средний триас (пик 250-230 млн. лет) – рифтогенез и интенсивный вулканизм; 2. Ранняя юра (210-200 млн. лет) – короткая, но интенсивная вспышка тектонической активности, сопровождавшаяся поднятием территории; 3. Средняя юра (180-160 млн. лет) – тектонический этап, сопровождавшийся дифференцированными поднятиями и опусканиями территории, накопление континентальных осадков тюменской свиты; 4. Ранний мел (пик 130-120 млн. лет) – новая вспышка тектонической активности, формирование песчано-глинистой морской клиноформной формации; 5. Поздний мел-ранний палеоген (пик 80-70 млн. лет) – тектоническая активность с медленным затуханием.

Таким образом, в 50-летней истории изучения геохронологии фундамента Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна можно выделить два этапа, причем последний из них – этап активного изучения с использованием современных прецизионных методов анализа – стартовал совсем недавно, примерно с началом нового тысячелетия. Подводя итог этому краткому обзору геохронологической изученности доюрского основания Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна, следует еще раз отметить, что имеющихся на сегодня данных совершенно недостаточно, особенно с учетом его колоссальной территории и сложного строения фундамента. Необходимо продолжение этих исследований с использованием современных приборов и методов. Впереди очень много работы и интересных неожиданных открытий.

Мы благодарим М.Ф. Печеркина, А.А. Краснобаева, В.И. Богатова, В.Г. Криночкина за содействие исследованиям и заинтересованное обсуждение результатов. Написание этой статьи было бы невозможно без очень большого и кропотливого труда высококвалифицированных специалистов – Б.А.Калеганова, О.П. Лепихиной, О.Ю. Поповой, А.Ю. Петровой, а также наших коллег из Германии Свена Синдерна, Ульриха Крамма и Енреса Траппа; всем им мы весьма признательны. Авторы благодарят рецензента за замечания, способствовавшие улучшению статьи.

Исследования проводятся при частичной поддержке РФФИ (грант 05-05-64201), программ «Университеты России» (грант 09-01-430), «Ведущие научные школы» (грант НШ-85.2003.5) и интеграционной программы Уральского и Сибирского отделений РАН.

Список литературы

Алексеева М.А. Палеозойские магматические породы юго-запада Томской области (по данным бурения) // Перспективы нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1980. С. 68-80.

Биджаков В.И., Миндигалиев А.С., Некрасов Н.Е. Геологические результаты параметрического бурения по палеозою Томской области // Перспективы нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1980. С. 25-39.

Богуш О.И., Бочкарев В.С., Юферев О.В. Палеозой юга Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1975. 52 с.

Бочкарев В.С., Брехунцов А.М., Дещеня Н.П. и др. Первые прецизионные определения абсолютного возраста палеозойских пород фундамента Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна

// Горные ведомости. 2004. № 6. С. 47-50.

Бочкарев В.С., Криночкин В.Г. Докембрийские и палеозойские формации Западной Сибири // Тектоника платформенных областей. М.: Наука, 1988. С. 80-104.

Бочкарев В.С., Максимов Е.М., Мишульский М.И., Федоров Ю.Н. Методы тектонического анализа нефтегазоносных областей Западной Сибири. М.: Недра, 1980. 193 с.

Бочкарев В.С., Погорелов В.С. Возраст складчатого фундамента внутренних районов Западно-Сибирской плиты // Сов. геология. 1973. № 7. С. 122-129.

Гаррис М.А. Этапы магматизма и метаморфизма в доюрской истории Урала и Приуралья. М.: Наука, 1977. 296 с.

Геология СССР. Т. 44. Ч. 1. Западно-Сибирская низменность. Геологическое описание / Под ред. Н.Н. Ростовцева. М.: Недра, 1964. 550 с.

Елкин Е.А., Краснов В.И., Бахарев Н.К. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Палеозой Западной Сибири. Новосибирск: СО РАН, 2001. 163 с.

Иванов К.П. Триасовая трапповая формация Урала. М.: Наука, 1974. 155 с.

Иванов К.С., Кормильцев В.В., Федоров Ю.Н., и др. Основные черты строения доюрского фундамента Шаимского нефтегазоносного района // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. VI науч.-практ. конф. Т. 1. Ханты-Мансийск, 2003а. С. 102-113.

Иванов К.С., Коротеев В.А., Федоров Ю.Н. и др. Строение зоны сочленения Приполярного Урала и Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Литосфера. 2004а. № 2. С. 108-124.

Иванов К.С., Федоров Ю.Н., Ерохин Ю.В., Калеганов Б.А. Новые данные о гранитоидах фундамента широтного Приобья Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна (по скважине Северо-Нялинская 31-П) // Геология и металлогения ультрамафит-мафитовых и гранитоидных интрузивных ассоциаций складчатых областей. Мат-лы междунар. конф. X Чтения А.Н. Заварицкого. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2004б. С. 337-340.

Иванов К.С., Федоров Ю.Н., Ронкин Ю.Л. и др. Изотопный возраст базальтов доюрского основания Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна (скважина 11201, Нерохская): K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd систематика // Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза. Мат-лы II Всерос. геохронол. конф. СПб., 2003б. С. 176-179.

Иванов К.С., Федоров Ю.Н., Кормильцев В.В. и др. О восточной границе Уральского орогена (в свете новых данных по картированию фундамента Западно-Сибирского мегабассейна) // Геодинамика и рудные месторождения. Мат-лы науч. конф. I чтения С.Н. Иванова. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 50-59.

Кляровский В.М. Геохронология горных областей юго-западной части обрамления Сибирской плаформы Новосибирск: Наука, 1972. 257 с.

Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра, 1975. 679 с.

Краснов В.И., Степанов С.А., Сердюк З.Я. и др. Опорный разрез силурийско-девонских отложений (Майзасская скв. 1) // Силур и девон юго-востока Западно-Сибирской плиты. М.: Наука, 1990. С. 3-78.

Куликов П.К., Белоусов А.П., Латыпов А.А. Западно-Сибирская триасовая рифтовая система // Геотектоника. 1972. № 6. С. 79-87.

Мегакомплексы и глубинная структура земной коры Западно-Сибирской плиты / Под ред. В.С. Суркова. М.: Недра, 1986. 149 с.

Медведев А.Я., Альмухамедов А.И., Кирда Н.П. Геохимия пермотриасовых вулканитов Западной Сибири // Геология и геофизика. 2003а. Т. 44. № 1-2. С. 86-100.

Медведев А.Я., Альмухамедов А.И., Рейчов М.К и др. Абсолютный возраст базальтов доюрского основания Западно-Сибирской плиты (по $^{40}Ar/^{39}Ar$ данным) // Геология и геофизика. 2003б. Т. 44. № 6. С. 617-620.

Нестеров И.И. Палеозойские седиментационные бассейны Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции // Горные ведомости. 2004. № 7. С. 18-25.

Ронкин Ю.Л., Иванов К.С., Sindern S. и др. Применение ICP масс-спектрометров с двойной фокусировкой в геохимии // Воздействие интенсивных потоков энергии на вещество. Тр. XX междунар. конф. Черноголовка: ИПХФ РАН, 2005а. С. 241-243.

Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П., Ершов В.М. Стерильно-производственное помещение для химической подготовки проб для изотопного анализа // Изотопное датирование геологических процессов: новые методы и результаты. Тез. докл. науч. конф. М.: ИГЕМ РАН, 2000. С. 297-299.

Ронкин Ю.Л., Williams I., Матуков Д. И. и др. Sensitive high resolution ion microprobe II в изотопной геологии // Воздействие интенсивных потоков энергии на вещество. Тр. XX междунар. конф. Черноголовка: ИПХФ РАН, 2005б. С. 243-244.

Сверчков Г.П. Очерк геологии и нефтегазоносности Березовского и Мужинского районов (Северное Зауралье) // Тр. ВНИГРИ. Вып. 126. Л.: Гостоптехиздат, 1958. С. 325-370.

Сурков В.С., Жеро О.Г., Смирнов Л.В. Складчатые системы и структуры доюрского фундамента // Палеозой юго-востока Западно-Сибирской плиты. Новосибирск: Наука, 1984. С. 56-70.

Федоров Ю.Н. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности области сочленения Приполярного Урала и Западно-Сибирского мегабассейна. Автореф. канд. дис. Екатеринбург, 2004, 28 с.

Федоров Ю.Н., Криночкин В.Г., Иванов К.С. и др. Этапы тектонической активизации Западно-Сибирской платформы (по данным K-Ar метода датирования) // Докл. РАН. 2004. Т. 397. № 2. С. 239-242.

Шнип О.А. О докембрийских породах фундамента южной части Западно-Сибирской плиты // Докл. АН СССР. 1971. Т. 234. № 1. С. 208-215.

Ahrens I.H., Cherry R.D., Erlank A.J. Observations on the U-Th relationship in zircons from granitic rocks and from kimberlites // Geochim. Cosmochim. Acta. 1967. V. 31. P. 2379-2387.

Bindeman I.N., Vinogradov V.I., Valley J.W. et al. Archean Protolith and Accretion of Crust in Kamchatka: SHRIMP Dating of Zircons from Sredinny and Ganal Massifs // J. Geol. 2002. V. 110. P. 271–289.

Chen Y.D., O'Reilley S.Y., Kinny P.D., Griffin W.L. Dating lower crust and upper mantle events: an ion microprobe study from kimberlitic pipes, South Australia // Lithos. 1994. V. 32. P. 77-94.

Fitton J.G., Mitchell C. The geodynamic significance of the Siberian flood basalts province: Final report on grant № GR3/8669. Edinburg: University Press, 1996. 25 p.

Kinny P.D., Compston J., Bristow J.W., Williams I.S. Archaean mantle xenocrysts in a Permian kimberlite: two generations of kimberlitic zircon in Jwaneng DKZ, southern Botswana // Kimberlites and Related Rocks. V. 2. Geol. Soc. Austr. Spec. Publ. 14. Melbourne: Blackwell, 1989. P. 833-842.

Lee J.K.W., Williams I.S., Ellis D.J. Pb, U, and Th diffusion in natural zircon // Nature. 1997. V. 390. P. 159-162.

Metzger K., Krogstad E.J. Interpretation of discordant U-Pb zircon ages: an evaluation // J. Metamorphic Geol. 1997. V 15. P. 127-140.

Pearce J.A., Kempton P.D., Nowell G.M., Noble S.R. Hf-Nd element and isotope perspective on the nature and provenance of mantle and subduction components in Western Pacific arc-basin systems // J. Petrol. 1999. V. 40. № 11. P. 1579-1611.

Pilot J., Werner C.D., Haubrich F., Baumann N. Palaeozoic and Proterozoic zircons from the Mid-Atlantic ridge // Nature. 1998. V. 393. № 6686. P. 676-679.

Reichow M.K., Saunders A.D., White R.V. et al. $^{40}Ar/^{39}Ar$ Dates from the West Siberian Basin: Siberian Flood Basalt Province Doubled // Science. 2002. V. 296. P. 1846-1849.

Рецензент доктор геол.-мин. наук В.И. Виноградов