

РАННЕКАМЕННОУГОЛЬНАЯ ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВЕРХОЯНСКОЙ ПАССИВНОЙ ОКРАИНЫ ПО ДАННЫМ U-Pb ДАТИРОВАНИЯ ОБЛОМОЧНЫХ ЦИРКОНОВ: РОЛЬ ПРОДУКТОВ РАЗМЫВА ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО И ТАЙМЫРО-СЕВЕРОЗЕМЕЛЬСКОГО СКЛАДЧАТЫХ ПОЯСОВ

А.В. Прокопьев, В.Б. Ершова*, Э.Л. Миллер, А.К. Худoley***

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677980, Якутск, просп. Ленина, 39, Россия

** Санкт-Петербургский государственный университет, геологический факультет, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9, Россия*

*** Stanford University, Department of Geological and Environmental Sciences, Braum GeoCorner Bld. 320, 450 Serra Mall, Stanford, CA 94305, USA*

По данным U-Pb датирования обломочных цирконов из нижнекаменноугольных песчаников фронтальной части севера Верхоянского складчато-надвигового пояса впервые было установлено, что возрастные спектры в отложениях нижнего визе (крестяжская свита) и верхнего визе—серпуховского ярусов (тиксинская свита) резко различны. Ранневизейские песчаники содержат до 95 % обломочных цирконов докембрийского возраста, а поздневизейско-серпуховского только 55 %. Возрасты и характер распределения докембрийских цирконов близки, свидетельствуя, что при накоплении отложений поздневизейско-серпуховского времени значительный вклад вносили продукты перемыва терригенных осадков крестяжской свиты или те же источники, которые доминировали в ранневизейское время: кристаллический фундамент кратона, эродированные мезо- и неопротерозойские осадочные комплексы, магматические породы Центрального Таймыра. В отложениях тиксинской свиты 45 % обломочных цирконов имеют палеозойский возраст, а 24 % — раннепалеозойский с преобладающими кембрий-ордовикскими возрастными. Потенциальными питающими провинциями, в которых широко распространены магматические породы такого возраста, могли быть складчатые пояса, протягивающиеся вдоль северной, западной или юго-западной периферии Сибирской платформы, — Таймыро-Североземельский и Центрально-Азиатский. Присутствие цирконов средне- и позднедевонского возраста связывается с размывом гранитоидов Енисейского кряжа и Алтае-Саянской области. Источником раннекаменноугольных детритовых цирконов могли служить магматические породы Таймыро-Североземельского складчатого пояса, подтверждая, что к этому времени произошла коллизия Карского террейна с северной окраиной Сибирского континента. В ранневизейское время осадконакопление происходило в небольших конусах выноса, возможно, у подножия крутого эскарпа, возникшего на поздней стадии среднепалеозойского рифтогенеза. Основным поставщиком кластики были небольшие речные потоки, которые размывали относительно близлежащие толщи. В поздневизейско-серпуховское время резко увеличилось количество обломочного материала и появились детритовые цирконы из новых источников сноса — складчатых поясов северной и юго-западной периферии Сибирского континента. В это время уже существовала крупная речная система, которая могла переносить обломочный материал на большое расстояние и отлагать его в подводных конусах выноса на севере Верхоянской пассивной континентальной окраины.

Верхоянская пассивная окраина, каменноугольный период, обломочные цирконы, палеогеография, Сибирский континент.

EARLY CARBONIFEROUS PALEO GEOGRAPHY OF THE NORTHERN VERKH OYANSK PASSIVE MARGIN AS DERIVED FROM U-Pb DATING OF DETRITAL ZIRCONS: ROLE OF EROSION PRODUCTS OF THE CENTRAL ASIAN AND TAIMYR-SEVERNAYA ZEMLYA FOLD BELTS

A.V. Prokopyev, V.B. Ershova, E.L. Miller, and A.K. Khudoley

The first U-Pb dating of detrital zircons from the Lower Carboniferous sandstones in the frontal part of the northern Verkhoyansk fold-and-thrust belt showed that detrital zircon age spectra for the Lower Visean (Krestyakh Formation) and the Upper Visean-Serpukhovian (Tiksi Formation) rocks are quite different. The Early Visean sandstones contain up to 95% detrital zircons of Precambrian age, while those of Late Visean-Serpukhovian age, only 55%. The shape of age distribution plots of Precambrian zircons for both samples is similar, indicating that reworking of terrigenous sediments of the Krestyakh Formation or the same sources dominated in Early Visean time (crystalline basement of the craton, eroded Meso- and Neoproterozoic sedimentary complexes, and igneous rocks of Central Taimyr) contributed significantly to the accumulation of the Late Visean-Serpukhovian deposits. In the rocks of the Tiksi Formation, 45% of detrital zircons are of Paleozoic age, while 24%

are Early Paleozoic, with prevailing Cambrian and Ordovician ages. Possible provenance areas with abundant igneous rocks of this age could be the Taimyr–Severnaya Zemlya and Central Asian fold belts extending along the northern, western, or southwestern margins of the Siberia. The presence of Middle–Late Devonian zircons is thought to be related to the erosion of granitoids of the Yenisei Ridge and the Altai–Sayan region. Early Carboniferous detrital zircons probably had a provenance in igneous rocks of the Taimyr–Severnaya Zemlya fold belt, on the assumption that collision between the Kara block and the northern margin of the Siberian continent had already occurred by that time. In Early Visean time, sedimentation occurred in small deltaic fans, likely along steep fault scarps that formed as a result of Middle Paleozoic (Devonian–Carboniferous) rifting. The clastic material came from small rivers that eroded the nearby area. Late Visean–Serpukhovian time was marked by a sharp increase in the amount of clastic material and by the appearance of detrital zircons coming from new provenance regions, such as fold belts extending along the northern and southwestern margins of the Siberian continent. A large river system, which was able to transport clastic material over large distances to deposit it in submarine fans on the northern Verkhoyansk passive continental margin, had already existed by that time.

Siberian continent, Verkhoyansk passive margin, Carboniferous, detrital zircon, paleogeography

ВВЕДЕНИЕ

Одна из крупнейших в мире Верхоянская пассивная континентальная окраина выполнена мощными каменноугольно-юрскими терригенными отложениями верхоянского комплекса. Несмотря на то, что отдельные аспекты ее формирования были рассмотрены в многочисленных публикациях [Прокопьев и др., 2001 и ссылки в ней], ранние стадии ее формирования еще недостаточно изучены. В раннекаменноугольный этап ее развития (визейский и серпуховской века) после обширного среднепалеозойского рифтогенеза, проявленного на значительной части Сибирского континента, произошла резкая смена карбонатного осадконакопления на терригенное. Огромные массы кластического материала поставлялись крупными речными системами [Коссовская и др., 1960; Тучков, 1973; Япаскурт, 1992] и отлагались в пределах пассивной континентальной окраины. В ее центральной части основным переносчиком обломочного материала была крупная речная система Палеолены, а основными питающими провинциями являлись орогенные пояса южного и юго-западного обрамления Сибирского кратона [Prokoriev et al., 2008], образующие систему Центрально-Азиатского складчатого пояса. Ранее нами были изучены каменноугольные отложения северной части Верхоянской пассивной окраины, залегающие стратиграфически выше наиболее нижнего из образцов, рассматриваемых в данной статье [Ершова и др., 2013]. Было показано, что в Северном Верхоянье и на северо-востоке Сибирского континента начиная с поздневизейского времени также существовала протяженная речная система, которая размывала разновозрастные породы северо-востока Сибирской платформы и прилегающих складчатых поясов. Основная цель данной статьи — на основе датирования детритовых цирконов, извлеченных из песчаников визейско-серпуховского возраста, установить положение основных питающих провинций рассматриваемой части севера Верхоянской пассивной окраины в поздневизейско-серпуховское время, реконструировать палеогеографию раннекаменноугольного осадконакопления и уточнить особенности ранневизейского седиментогенеза.

ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Нижнекаменноугольные отложения широко развиты в пределах Верхоянского складчато-надвигового пояса, и их накопление происходило на начальных стадиях формирования пассивной окраины Сибирского континента после масштабного среднепалеозойского континентального рифтогенеза [Прокопьев и др., 2001]. Породы этого возраста обнажены в ядрах Хараулахского, Орулганского и Куранахского антиклинориев Западного Верхоянья и в Южном Верхоянье [Ивенсен, 1976; Абрамов, Григорьева, 1983, 1986; Кутыгин, 2009] (рис. 1). Объектом нашего исследования являлись нижнекаменноугольные толщи севера Хараулахского антиклинория (рис. 2). Здесь их мощность составляет не менее 600—900 м, причем в составе доминируют терригенные породы. Основной задачей было выявление возможных питающих провинций этих терригенных комплексов на основе U–Pb датирования обломочных цирконов.

Нижнекаменноугольные отложения северной части Хараулахского антиклинория характеризуют переход от преимущественно карбонатной седиментации, господствовавшей на севере Сибирской платформы в течение раннего палеозоя, к накоплению существенно терригенных толщ. Они наиболее полно вскрыты в трех разрезах — в районе мыса Крест-Тумса, урочища Таба-Бастах в нижнем течении и в дельте р. Лена, а также на берегу залива Тикси губы Буор-Хая моря Лаптевых. Ниже приведено их краткое описание (рис. 3).

Бастахская свита (турнейский ярус) мощностью 120 м сложена микритовыми иногда битуминозными известняками. В ее верхней части известняки становятся преимущественно органогенно-

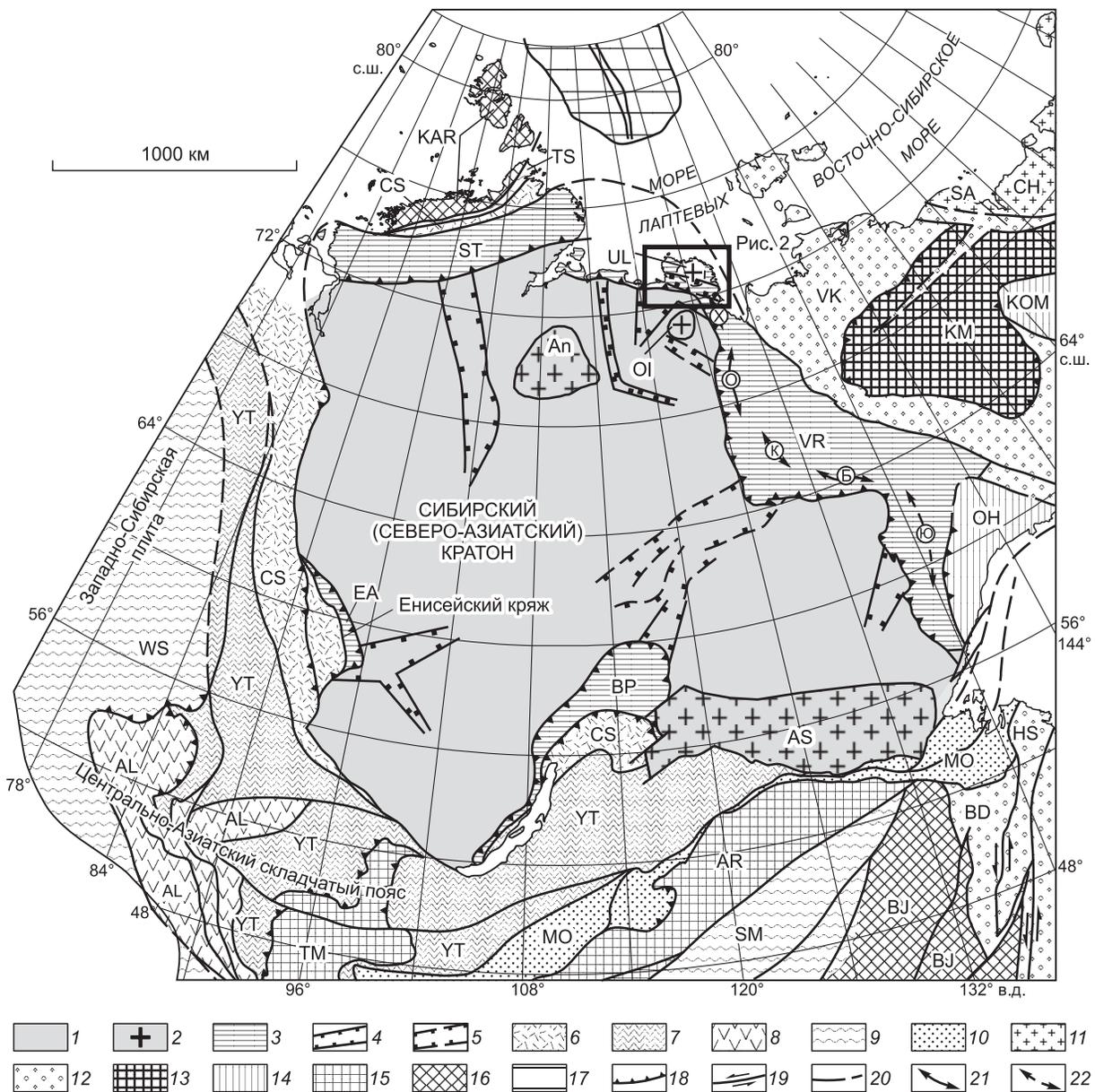
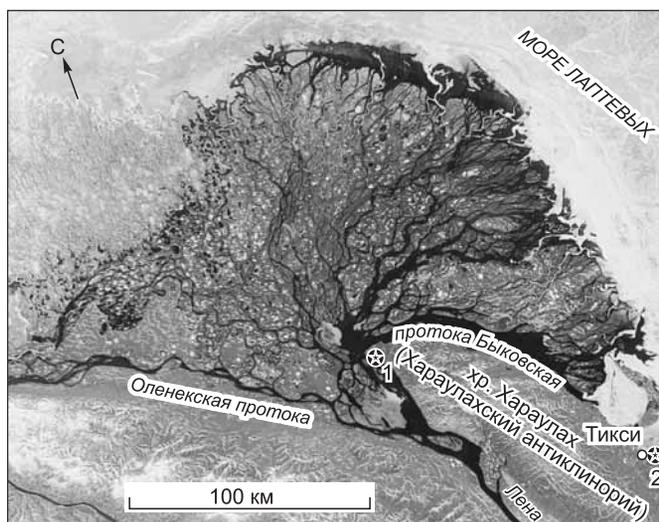


Рис. 1. Карта кратонов и орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии [Парфенов и др., 2003, с изменениями и дополнениями].

1—5 — кратоны: 1 — древние платформы, 2 — поднятия и выступы кристаллического фундамента Сибирской платформы (An — Анабарский и AS — Алдано-Становой щиты, OI — Оленекское поднятие и UL — Усть-Ленский выступ), 3 — опущенные окраины картона — складчато-надвиговые пояса (ST — Южно-Таймырский, EA — Восточно-Ангарский, BP — Байкало-Патомский, VR — Верхоянский), 4 — мезо- и неопротерозойские рифты, 5 — среднепалеозойские рифты; 6—13 — орогенные пояса различного возраста: 6 — Циркумсибирский (CS) неопротерозойский, 7 — Енисей-Забайкальский (YT) позднекембрийско-раннеордовикский, 8 — Алтайский (AL) силурийский, 9 — Южномонгольско-Хинганский (SM), Западно-Сибирский (WS) и Таймыро-Североземельский (TS) позднепалеозойские, 10 — Монголо-Охотский (MO) позднепалеозойско-раннемезозойский, 11 — Чукотский (CH) среднепозднеюрский, 12 — Верхояно-Кольмский (VK), Южно-Анжуйский (SA), Хонсю-Сихотэлинский (HS) позднеюрско-раннемеловые, 13 — Колымо-Омолонский супертеррейн (KM); 14 — фрагменты кратонов: OH — Охотский, КОМ — Омолонский; 15 — фрагменты неопротерозойских орогенных поясов: TM — Тувино-Монгольский и AR — Аргунский супертеррейны; 16 — фрагменты раннепалеозойских орогенных поясов: BJ — Буреинско-Цзямусинский и KAR — Карский террейны; 17 — океаническая кора; 18 — надвиги; 19 — сдвиги; 20 — прочие разломы; 21 — антиклинории (X — Хараулахский, O — Орулганский, K — Куранахский, Б — Баранский); 22 — синклинии (Ю — Южно-Верхоянский). Прямоугольником показан район исследований.

Рис. 2. Схема расположения изученных разрезов (с сайта <http://earth.esa.int/earthimages/>).

Места отбора проб: 1 — м. Крестьях, обр. 07АП07 из крестьянской свиты; 2 — бухта Тикси, обр. 07АП02 из тиксинской свиты.



обломочными и содержат многочисленные кремнистые стяжения. Нижний контакт с верхнедевонскими известняками и известковистыми алевролитами эбелехской свиты согласный (разрез Таба-Бастах, см. рис. 3, в) [Абрамов, Григорьева, 1986].

Крестьянская свита (визейский ярус, нижний подъярус) мощностью около 240 м представлена близкими по строению слоями с градиционной слоистостью мощностью от 0,5 до 4,5 м. В нижней части каждого слоя залегают мелкогалечные конгломераты с песчаным матриксом, гравелиты, реже грубозернистые песчаники, переходящие вверх по разрезу в крупно- и среднезернистые песчаники (рис. 4, а). Верхняя часть слоев сложена мелкозернистыми песчаниками и реже алевролитами. В средней части свиты отмечены горизонты с подводно-оползевыми складками, маркирующими перемещение осадка в восточном, северо-восточном и северном направлениях. Венчают разрез свиты крупногалечные и валунные плохо сортированные конгломераты с матриксом, состоящим из крупнозернистых песчаников и гравелитов. В целом отложения крестьянской свиты являются высокоплотными песчаными турбидитами, которые накапливались в подводных конусах выноса [Ершова и др., 2011]. Литокласты песчаников представлены обломками карбонатных пород (7—56 %), кварца (21—53 %), полевых шпатов (8—25 %), кремнистых пород (до 9 %), кварцитов (4 %), сланцев (до 1 %), базальтов (до 9 %), терригенных пород (до 10 %) и гранитов (до 2 %) [Булгакова, 1967]. Гальки конгломератов сложены в основном известняками (80 %), в которых обнаружены силурийские кораллы [Богущ и др., 1963] и, в меньшей степени, известковистыми песчаниками и алевролитами, базальтами и кварцитами (20 %). Силурийские отложения неизвестны в этой части Сибирской платформы, однако верхнесилурийские толщи вскрываются на востоке Хараулахского антиклинория на побережье залива Неёлова, где перекрываются породами девона [Биджиев, Горшкова, 1978] и крестьянской свиты (личные наблюдения авторов). Это позволяет предполагать, что силурийские отложения могут присутствовать на северо-востоке Сибирской платформы, подстилая породы девонского и более молодого возраста. Широкое распространение крупных весьма неустойчивых при транспортировке обломков пород свидетельствует о близком расположении источника сноса и небольшой дальности их переноса. Источником грубообломочного материала преимущественно служили локальные поднятия, сложенные силурийскими, девонскими и турнейскими карбонатными породами, позднедевонскими базальтами [Богущ и др., 1963; Булгакова, 1967; Ершова и др., 2011]. Контакт с подстилающими известняками бастахской свиты не установлен. Песчаные турбидиты крестьянской свиты распространены локально и вскрываются лишь в приустьевой части Лены (мыс Крест-Тумса) (разрез Крест-Тумса, см. рис. 3, а). В 15 км юго-восточнее на известняках бастахской свиты залегает кремнистая толща нижней части атырдахской свиты, являющаяся возрастным аналогом крестьянской свиты [Абрамов, Григорьева, 1986] (разрез Таба-Бастах, см. рис. 3, в).

Сокольская свита (визейский ярус, верхний подъярус) мощностью 150 м, в нижней части сложена гравелитами и песчаниками с градиционной слоистостью и складками оползания. В середине и верхней части преобладают темно-серые алевролиты и аргиллиты с подчиненными прослоями песчаников. Отложения нижней части свиты являются песчаными турбидитами, тогда как верхняя подсвита сложена преимущественно тонкозернистыми турбидитами [Ершова и др., 2011, 2013] (разрез Крест-Тумса, см. рис. 3, а). В юго-восточном направлении характер разреза меняется и возрастному уровню сокольской свиты отвечает, по-видимому, верхняя часть атырдахской свиты, сложенная в основном алевролитами с прослоями песчаников (разрез Таба-Бастах, см. рис. 3, в).

Тиксинская свита (визейский ярус, верхний подъярус—серпуховский ярус) представлена известковистыми алевролитами и аргиллитами темно-серого до черного цвета с редкими и маломощными прослоями песчаников с известковым цементом (рис. 4, б). Мощность свиты оценивается разными авторами от 400 до 900 м [Абрамов, Григорьева, 1986]. Отложения свиты являются тонкозернистыми турби-

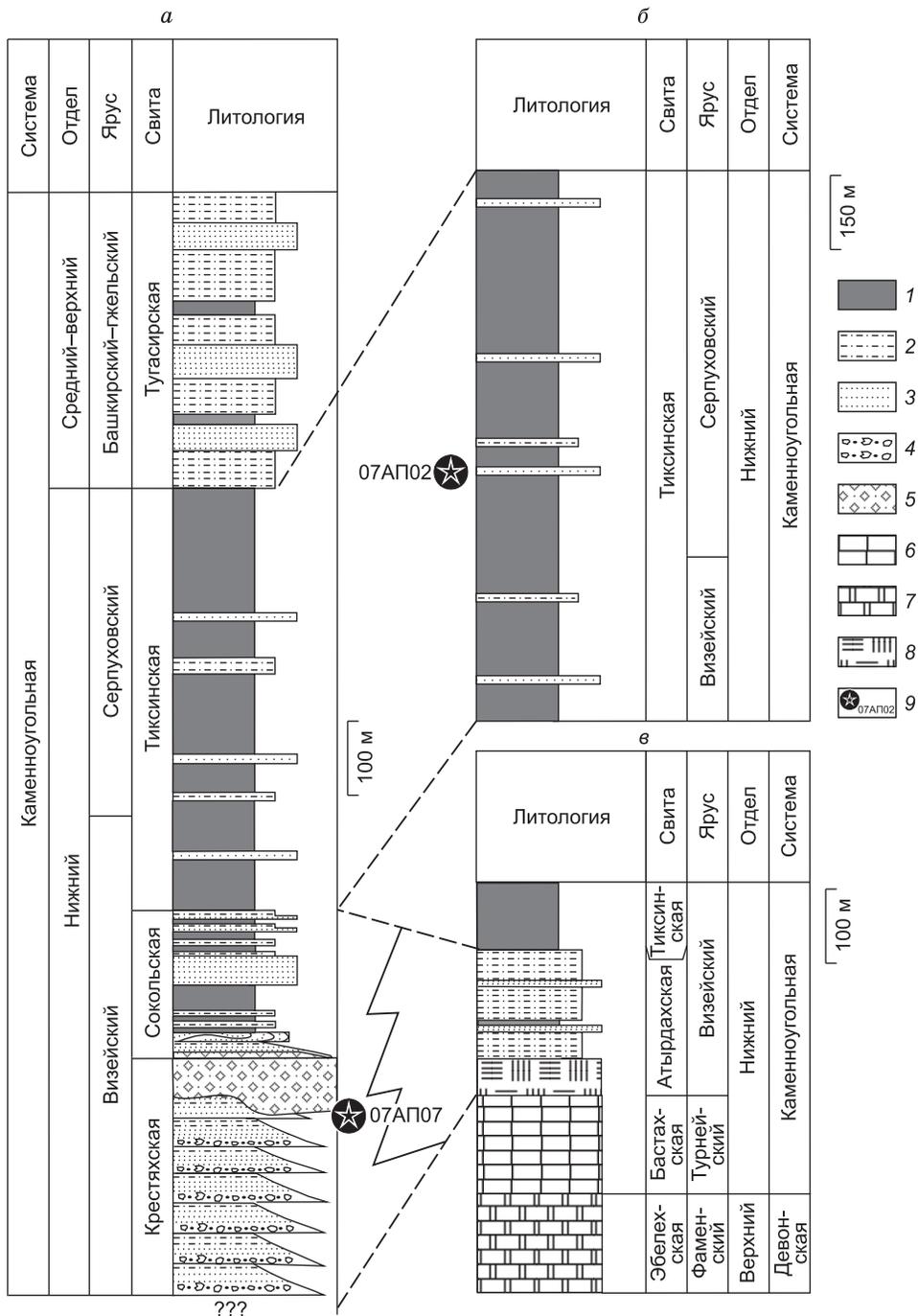


Рис. 3. Сводные стратиграфические разрезы нижнекаменноугольных отложений Хараулахского антиклинория с указанием уровней отбора проб, по [Абрамов, Григорьева, 1986; Ершова и др., 2013] с изменениями.

Разрезы: *а* — Крест-Тумса, *б* — Тикси, *в* — Таба-Бастах. 1 — аргиллиты, 2 — алевролиты, 3 — песчаники, 4 — гравелиты, 5 — конгломераты, 6 — известняки, 7 — доломиты, 8 — кремнистые породы, 9 — местоположение образцов.

дитами. Они перекрываются песчано-алевролитовыми дельтовыми толщами тугасирской свиты башкирского и гжельского ярусов (разрез Крест-Тумса, см. рис. 3, *а*). Образец песчаника был отобран из разреза тиксинской свиты, находящегося на восточном крыле Хараулахского антиклинория и вскрывающего более дистальные отложения свиты (разрез Тикси, см. рис. 3, *б*), чем те, что были исследованы ранее [Ершова и др., 2013].

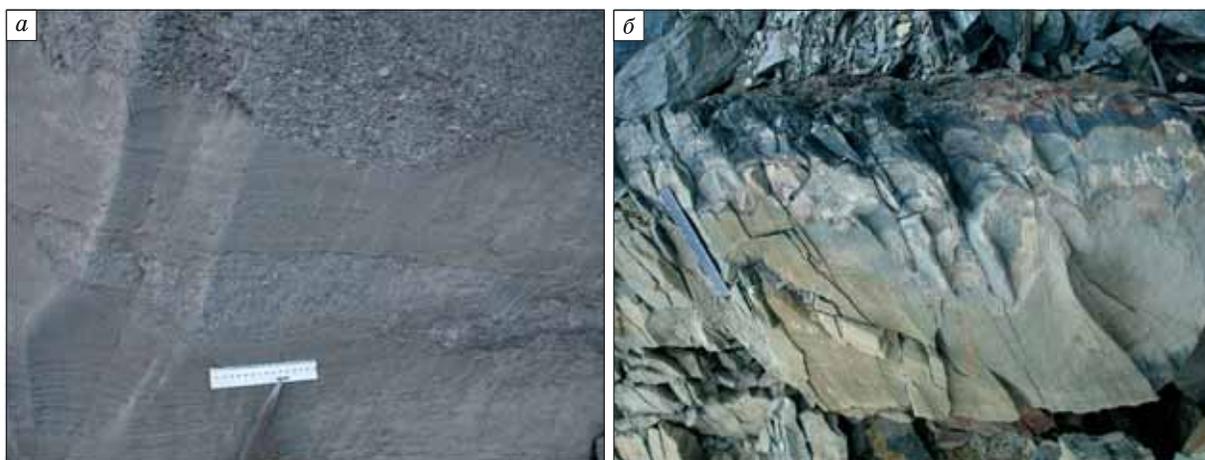


Рис. 4. Осадочные текстуры нижнекаменноугольных отложений северной части Хараулахского антиклинария.

а — песчаные турбидиты крестяхской свиты; наблюдаются градационная слоистость и подводные каналы, выполненные грубо-обломочными отложениями; *б* — тонкозернистые турбидиты с редкими прослоями песчаников тиксинской свиты.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами проведено U-Pb датирование обломочных цирконов, выделенных из проб, отобранных в крестяхской (07АП07) (72°23'08.1'' с.ш., 126°44'21.5'' в.д.) и тиксинской свитах (07АП02) (71°37'54.7'' с.ш., 128°54'02.7'' в.д.) (см. рис. 2, 3). Предварительная пробоподготовка и выделение цирконов проведены в ИГАБМ СО РАН, U-Pb датирование цирконов (LA-ICP-MS) — в Laser-Chron Center Аризонского университета (University Arizona Laser-Chron Center) по методике [<http://www.geo.arizona.edu/alc/>]. Итоговые U-Pb датировки, полученные для каждого отдельного определения, фиксировались с аналитической ошибкой измерения $\pm 2\sigma$. Для обломочных цирконов с возрастом более 1000 млн лет за время их кристаллизации в исходной породе принимался возраст, рассчитанный по отношению $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, а для более молодых — возраст, рассчитанный по отношению $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. Построение графиков распределения плотности вероятности возрастов производилось в программе Isoplot 3.0 [Ludwig, 2003]. Диаграммы распределения возрастов обломочных цирконов для изученных образцов приведены на рис. 5, *а, б*.

Для выяснения вероятных источников детритовых цирконов из проанализированных образцов использовались опубликованные возрасты как магматических пород, так и обломочных цирконов из более древних толщ, полученные на основании датирования цирконов тем или иным U-Pb методом. Кривые плотности вероятности распределения этих возрастов приведены на рис. 5, *в—ж*.

Распределения возрастов обломочных цирконов в исследованных образцах сравнивались между собой с использованием диаграмм плотности вероятности, кумулятивных кривых, а также теста Колмогорова—Смирнова [Gehrels, 2006]. Статистический анализ позволяет избежать субъективизма при сравнении данных. Для статистического сравнения строятся кривые интегральной вероятности распределения возрастов, затем применяется непараметрический тест Колмогорова—Смирнова [Guynn, 2006]. Этот тест (P(KS)) позволяет выяснить, являются ли две независимые выборки наблюдений таковыми из одного и того же распределения. Суть метода заключается в оценке различий между двумя интегральными функциями распределения вероятности. Если вероятность низкая ($P(KS) < 0.05$), то различия между двумя распределениями значительны и образцы по возрастам обломочных цирконов неидентичны. Если вероятность высокая ($P(KS) \gg 0.05$), то распределения возрастов цирконов в образцах идентичны и отличаются только случайными вариациями. Подобный тест обычно проводится при сравнительном анализе большого количества образцов обломочных цирконов. В данном случае мы использовали его как для выяснения сходства и различия возрастных популяций двух исследованных образцов, так и для ознакомления российских исследователей с необходимостью применения этого анализа в связи с возросшей популярностью метода датирования обломочных цирконов в нашей стране.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

В обр. 07АП07 (крестяхская свита) 95 % обломочных цирконов имеют докембрийский возраст и 34 % из них являются неопротерозойскими (см. рис. 5, *а*). Самые древние зерна имеют возраст 3.6—

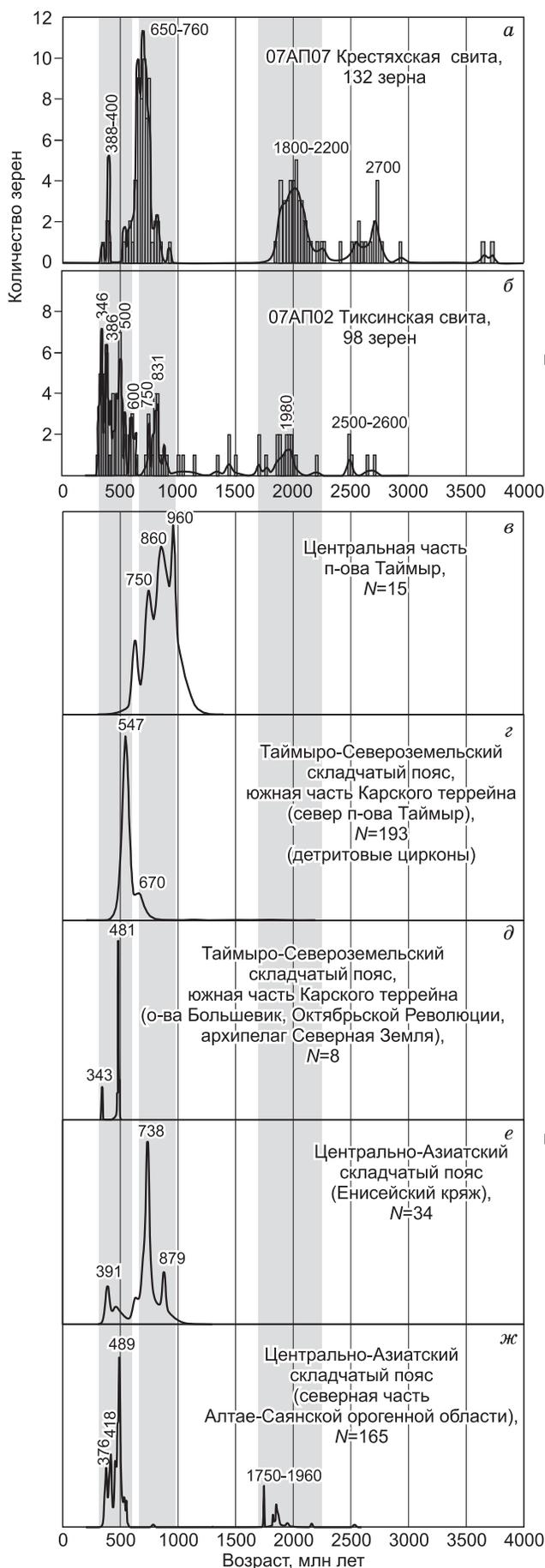


Рис. 5. Диаграммы распределения возрастов обломочных цирконов и магматических пород.

а, б — гистограммы и кривые плотности вероятности распределения возрастов обломочных цирконов из каменноугольных отложений северной части Хараулахского антиклинория. Цифрами указаны примерные возрасты пиков, образованных не менее чем тремя замерами; *в—ж* — кривые плотности вероятности распределения возрастов цирконов из магматических и обломочных цирконов из вулканогенно-осадочных пород по данным: *в* — Центральный Таймыр [Захаров и др., 1993; Верниковский, 1996; Pease et al., 2001; Vernikovskiy, Vernikovskaya, 2001; Верниковская и др., 2002б; Vernikovskiy et al., 2004], *з* — Таймыро-Североземельский складчатый пояс, южная часть Карского террейна (север п-ова Таймыр) [Pease, Scott, 2009; детритовые цирконы], *д* — Таймыро-Североземельский складчатый пояс, южная часть Карского террейна (о-ва Большевик, Октябрьской Революции, архипелаг Северная Земля) [Karlan et al., 2001; Lorenz et al., 2007], *е* — Центрально-Азиатский складчатый пояс (Енисейский кряж) [Верниковская и др., 2002а, 2004, 2006, 2007, 2010; Vernikovskiy et al., 2007; Верниковский и др., 2008], *ж* — Центрально-Азиатский складчатый пояс (северная часть Алтае-Саянской орогенной области) [Руднев и др., 2004; Добрецов, Буслов, 2007; Prokoriev et al., 2008 и ссылки в этой публикации; De Grave et al., 2009; Glorie et al., 2011; Krug et al., 2011; Руднев, 2013]. *N* — количество датировок.

3.7 млрд лет. Среди докембрийских зерен отчетливо выделяются три популяции — 2.7, 1.8—2.2 млрд лет и 650—760 млн лет. Возрасты обломочных цирконов от 1.8 до 3.5 млрд лет отражают этапы становления и консолидации фундамента Сибирской платформы [Розен, 2003; Smelov, Timofeev, 2007]. Их ближайшими источниками могли являться гранитогнейсы Усть-Ленского выступа кристаллического фундамента, содержащие цирконы с возрастом 1.9 млрд лет [Прокопьев и др., 2007], а также породы Анабарского щита [Розен, 2003]. Обломочные цирконы архейского и палеопротерозойского возрастов распространены в мезо- и неопротерозойских осадочных толщах, вскрывающихся вдоль восточной окраины Анабарского щита [Худолей и др., 2007, 2009]. Таким образом, архейские и палеопротерозойские цирконы могли поступать в нижнекаменноугольный бассейн осадконакопления как в результате размыва пород кристаллического фундамента, так и при перемыве мезо- и неопротерозойских осадочных комплексов чехла Сибирской платформы.

Неопротерозойские магматические породы неизвестны в пределах Анабарского щита и северо-востока Сибирской платформы, поэтому появление значительного количества зерен в обр. 07АП07 этого возраста не может быть связано с их размывом. Согласно данным

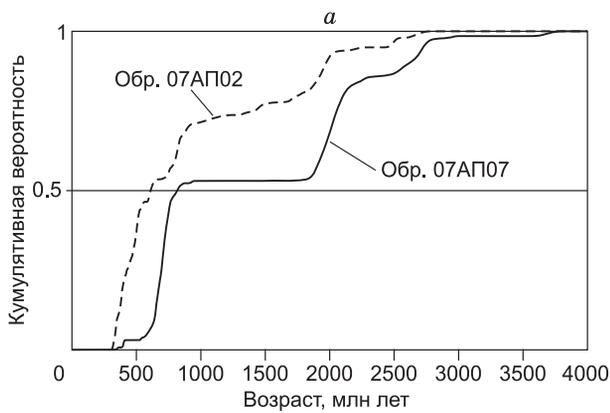
датирования обломочных цирконов из неопротерозойских осадочных толщ востока Анабарского щита [Худолей и др., 2007, 2009], в них встречаются обломочные цирконы с возрастными, близкими к возрасту их седиментации. Присутствие значительного количества (34 %) неопротерозойских обломочных цирконов в отложениях крестяхской свиты может свидетельствовать как о значительном размыве осадочных пород мезо- и неопротерозоя, так и о наличии какого-то другого источника, находящегося за пределами консолидированной коры Сибирского континента. Такими источниками могли быть синхронные магматические комплексы Центрального Таймыра (см. рис. 5, в), или их возрастные аналоги, современное расположение которых неизвестно. В конгломератах присутствует галька гранитоидного состава. Выходы ближайших магматических пород такого состава известны лишь в Центральном Таймыре [Захаров и др., 1993; Верниковский, 1996; Pease et al., 2001; Vernikovskiy et al., 2001, 2004; Верниковская и др., 2002б]. В обр. 07АП07 из крестяхской свиты присутствуют только 5 зерен обломочных цирконов с возрастом моложе докембрийского и разбросом значений от 351 до 536 млн лет (возрастной пик 388—400, см. рис. 5, а). Столь малое количество палеозойских зерен означает незначительный вклад источников, не связанных с мезо- и неопротерозойским осадочным чехлом и/или фундаментом Сибирской платформы. Источниками раннепалеозойских цирконов могли быть локально проявленные в непосредственной близости от исследованного разреза раннекембрийские трахириолиты (525—546 млн лет [Bowring et al., 1993; Prokopiev et al., 2011]).

Распределение возрастов обломочных цирконов в обр. 07АП02 из тиксинской свиты существенно иное (см. рис. 5, б). Только 55 % обломочных цирконов имеют докембрийский возраст. Для этих зерен отчетливо выделяются три основных пика — 2.5—2.6 и 1.9—2.0 млрд лет, 750—830 млн лет и менее значимый пик около 600 млн лет. Возрасты и характер распределения докембрийских обломочных цирконов из отложений тиксинской и крестяхской свит весьма близки. Это указывает на то, что и при накоплении отложений тиксинской свиты значительный вклад в поступающий в бассейн осадконакопления терригенный материал вносили продукты перемыва терригенных осадков крестяхской свиты или те же источники, которые доминировали в ранневизейское время (фундамент Сибирской платформы и/или перекрывающие его мезо- и неопротерозойские осадочные толщи, Центральный Таймыр). Кроме того, дополнительным источником цирконов с возрастом около 750—830 млн лет могли быть гранитоиды Енисейского кряжа (см. рис. 5, е) [Верниковская и др., 2002а, 2006, 2007; Верниковский и др., 2008; Vernikovskiy, Vernikovskaya, 2007].

В обр. 07АП02 45 % обломочных цирконов имеют палеозойский возраст с тремя основными пиками: 500, 386 и 346 млн лет; 24 % детритовых цирконов имеют раннепалеозойский возраст с преобладающими кембрий-ордовикскими возрастными. Магматические породы раннепалеозойского возраста неизвестны в пределах Сибирской платформы или присутствуют крайне ограниченно [Bowring et al., 1993; Прокопьев и др., 2001; Prokopiev et al., 2011; Khudoley et al., 2012]. Ближайшими потенциальными питающими провинциями, в которых широко распространены магматические породы такого возраста, могут являться складчатые пояса, протягивающиеся вдоль северной, западной или юго-западной периферии Сибирской платформы — Таймыро-Североземельский и Центрально-Азиатский [Верниковский, 1996; Верниковская и др., 2004; Lorenz et al., 2007, 2008; Prokopiev et al., 2008]. На севере Карского террейна (о. Октябрьской Революции, архипелаг Северная Земля) присутствуют интрузивные и вулканические породы с возрастом около 475—490 млн лет (ранний ордовик) [Lorenz et al., 2007] (см. рис. 5, д), а в пределах Алтае-Саянской орогенной области широко развиты кемброордовикские гранитоиды и вулканы [Руднев и др., 2004; Prokopiev et al., 2008 и ссылки в этой работе; Glorie et al., 2011; Руднев, 2013] (см. рис. 5, ж). Кроме того, цирконы этого возраста могли поступать в бассейн осадконакопления при размыве раннепалеозойских турбидитов, находящихся на юге Карского террейна (Северный Таймыр), в которых присутствует большое количество обломочных цирконов этого возрастного диапазона [Pease, Scott, 2009] (см. рис. 5, з).

Присутствие значительного количества цирконов средне- и позднедевонского возраста трудно связать с размывом разновозрастных рифтогенных комплексов или кимберлитов, широко развитых на востоке Сибирской платформы [Прокопьев и др., 2001], так как они не содержат значительного количества цирконов. Гранитоиды такого возраста присутствуют на Енисейском кряже [Верниковская и др., 2010], на севере Алтае-Саянской орогенной области [Добрецов, Буслов, 2007; De Grave et al., 2009; Glorie et al., 2011; Kruk et al., 2011]. Источником раннекаменноугольных детритовых цирконов (интенсивный пик в ~ 346 млн лет) могли являться магматические породы Таймыро-Североземельского складчатого пояса, если допустить, что к этому времени произошла коллизия Карского террейна с северной окраиной Сибирского континента. На о. Большевик архипелага Северная Земля известны граниты с возрастом около 340—345 млн лет (ранний карбон) [Lorenz et al., 2007] (см. рис. 5, д), внедрение которых, вероятно, связано с этой коллизией.

Кроме того, источниками зерен кембрийско-ордовикского, нео- и палеопротерозойского возраста могли являться неопротерозойско-девонские осадочные породы, известные на островах архипелага Се-



б

	07AP02	07AP07
07AP02		0.000
07AP07	0.000	

Рис. 6. Результаты теста P(KS) Колмогорова—Смирнова.

a — графики кумулятивной возрастной вероятности. *б* — таблица с результатами теста P(KS) Колмогорова—Смирнова.

верная Земля (север Карского террейна) и содержащие детритовые цирконы этого возраста [Lorenz et al., 2008].

В целом распределения возрастов обломочных цирконов из исследованного образца близки к определенным ранее для сокольской и тиксинской свит поздневизейско-серпуховского возраста [Ершова и др., 2013], разрезы которых расположены в 100 км западнее. Это свидетельствует об устойчивости параметров осадконакопления при значительном удалении от питающих провинций.

Для статистического сравнения возрастов обломочных цирконов из обоих образцов были построены графики кумулятивной возрастной вероятности и применен тест P(KS) Колмогорова—Смирнова [Guynn, 2006]. Выявлены существенные различия между этими образцами ($P(KS) = 0$) (рис. 6), что свидетельствует о резкой смене питающих провинций на рубеже ранне- и поздневизейского времени.

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

Таким образом, в ранневизейское время на северо-восточной окраине Сибирского континента осадконакопление происходило в небольших конусах выноса, возможно, у подножия крутого эскарпа,

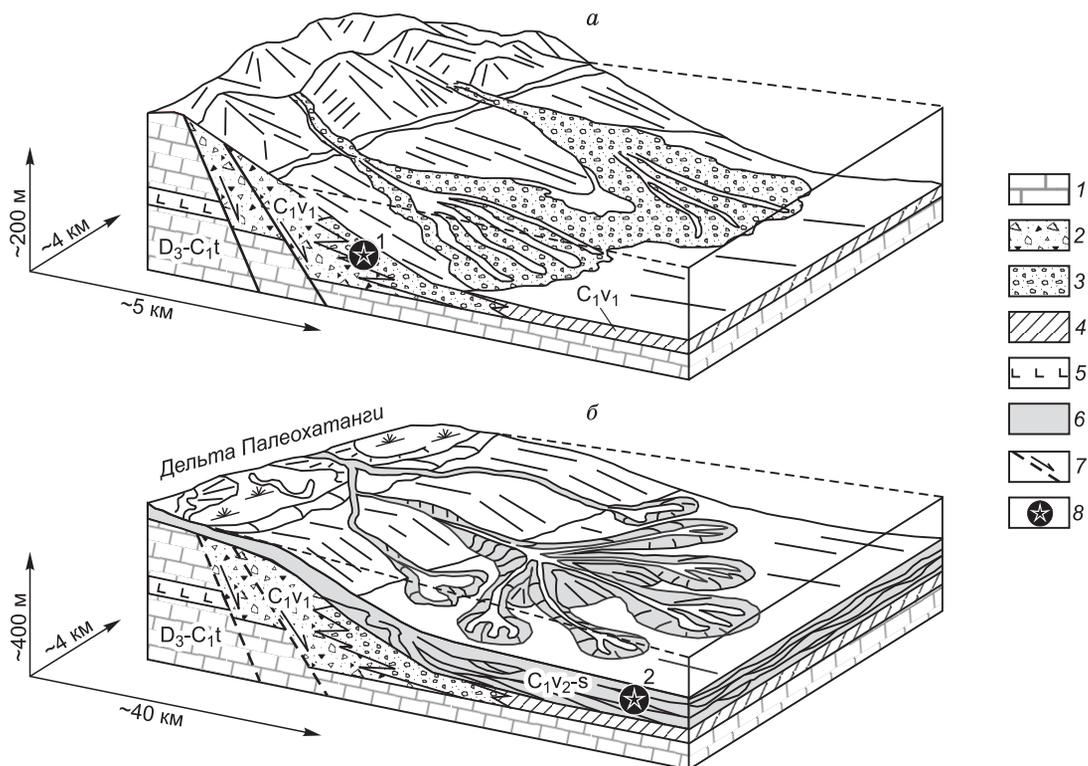


Рис. 7. Седиментационные модели раннекаменноугольного осадконакопления северной части Верхоянской пассивной окраины:

a — для ранневизейского времени, *б* — для поздневизейско-серпуховского времени. 1 — карбонатные породы, 2, 3 — грубо-обломочные песчаные турбидиты, 4 — кремнистые породы, 5 — базальты, 6 — преимущественно тонкозернистые турбидиты, 7 — сбросы, 8 — местоположение образцов: 1 — обр. 07AP07; 2 — обр. 07AP02.

возникшего на поздней стадии среднепалеозойского рифтогенеза. Далее к востоку песчаные турбидиты сменялись (или перекрывались) кремнистыми отложениями, характеризующими гемипелагические условия седиментации (рис. 7, а). Основным поставщиком кластики были небольшие речные потоки, которые размывали относительно близлежащие карбонатные толщи нижнего и среднего палеозоя, девонские базальты, терригенные отложения мезо- и неопротерозоя, содержащие цирконы докембрийского возраста, породы кристаллического фундамента Сибирской платформы (Анабарский щит, Усть-Ленский выступ), магматические породы Центрального Таймыра и, вероятно, в меньшей степени раннекембрийские риолиты северо-востока Сибирской платформы. Гальки преимущественно карбонатных осадочных пород, как и пород основного и кислого составов, присутствуют в конгломератах крестяхской свиты. Отсутствие детритовых цирконов, характерных для пород Карского террейна, с учетом палеомагнитных данных [Cocks, Torsvik, 2005; Metelkin et al., 2005] позволяет допустить, что в это время он был отделен от Сибирского континента бассейном океанического типа между Уральским и Ангаючам палеоокеанами (рис. 8, а), закрытие которого происходило вдоль зоны субдукции, погружающейся под северную окраину Сибири [Верниковский, 1996]. В ранневизейское время, сразу после среднепалеозойского рифтогенеза, речные системы на севере и востоке Сибирского континента еще не были достаточно развиты, и обломочный материал поставлялся в бассейн осадконакопления небольшими водотоками.

В поздневизейско-серпуховское время резко увеличилось количество обломочного материала, поступающего в начавший формироваться крупный бассейн осадконакопления на востоке Сибирского континента — Верхоянскую пассивную континентальную окраину. В составе кластики появляются детритовые цирконы из новых источников сноса — складчатых поясов, располагавшихся вдоль северной и южной периферии Сибирского континента. В это время уже существовала крупная речная система, Палеохатанга, которая могла переносить обломочный материал на большое расстояние и отлагать его в подводных конусах выноса на севере Верхоянской пассивной окраины (см. рис. 7, б). Во второй половине раннего карбона, по всей видимости, произошла коллизия Карского террейна с окраиной Сибири и был образован Таймыро-Североземельский складчатый пояс [Ершова и др., 2013], продукты размыва которого, как и Центрально-Азиатского складчатого пояса, фиксируются в осадках Палеохатанга (см. рис. 8, б).

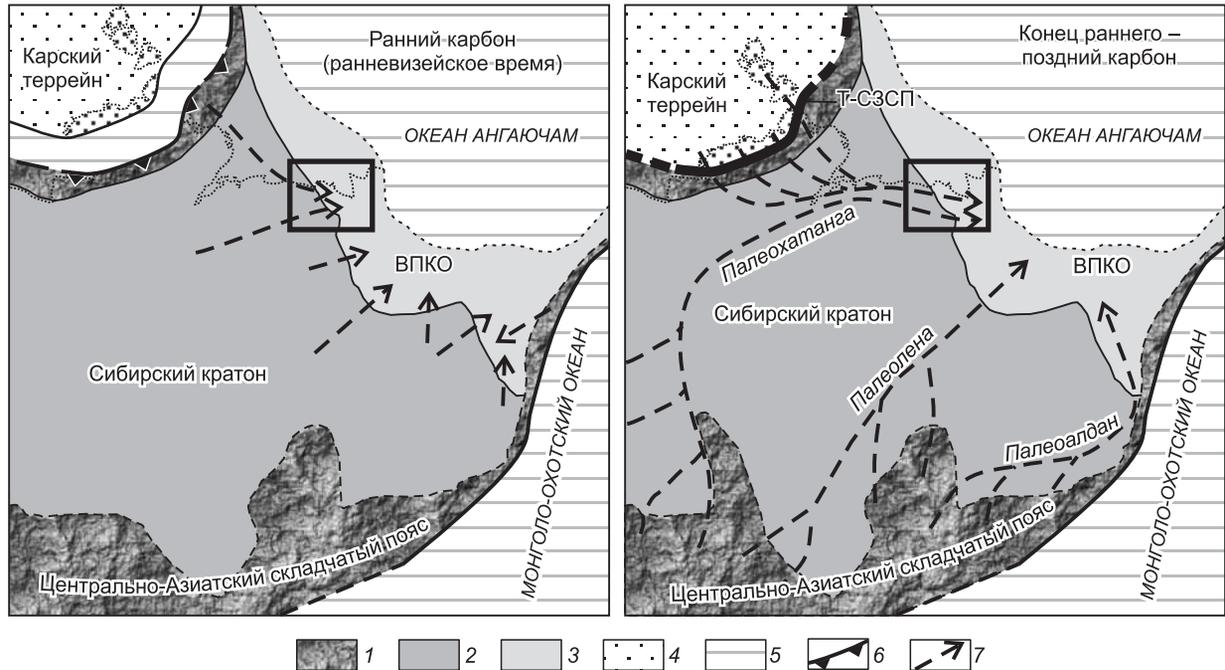


Рис. 8. Палеогеографические схемы Восточной Сибири для каменноугольного времени с указанием возможных путей транспортировки обломочного материала (по [Prokoriev et al., 2008; Ершова и др., 2013] с изменениями и дополнениями).

1 — возвышенности, 2 — низменности, 3 — шельф, 4 — аккретированные террейны, 5 — океаническая кора, 6 — зона субдукции, 7 — предполагаемые речные системы, переносившие обломочный материал. Т-СЗСП — Таймыро-Североземельский складчатый пояс. ВПКО — Верхоянская пассивная континентальная окраина. Прямоугольником показан район исследований.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований установлено следующее:

1. В ранневизейское время на завершающих стадиях среднепалеозойского рифтогенеза на северо-востоке Сибирского континента крупные речные системы отсутствовали и основным поставщиком кластики были небольшие речные потоки, которые размывали близко расположенные поднятия на плечах палеорифтов.

2. Развитые протяженные речные системы востока и севера Сибирского континента начали формироваться со второй половины визейского времени, что привело к образованию одной из крупнейших в мире Верхоянской пассивной окраины. Осадконакопление на северо-восточной окраине континента происходило при существенной роли продуктов разрушения крупных сформированных к этому времени складчатых поясов — Таймыро-Североземельского и Центрально-Азиатского.

3. Полученные данные подтверждают ранее сделанный вывод [Ершова и др., 2013], что коллизия Карского террейна и северной окраины Сибири могла произойти раньше, чем предполагалось — в поздневизейско-серпуховское время.

Исследование выполнено по плану НИР ИГАБМ СО РАН и СПбГУ при частичной поддержке грантов Президента РФ МК-2902.2013.5, РФФИ (13-05-00700, 13-05-00943, 12-05-33018, 10-05-00718, 12-05-98506), Программы ОНЗ-10.2, Партнерского интеграционного проекта СО РАН № 68, проекта CALE. Аналитические исследования Элизабет Миллер поддержаны компанией ВР и грантом NSF EAR 0948673.

ЛИТЕРАТУРА

Абрамов Б.С., Григорьева А.Д. Биостратиграфия и брахиоподы среднего и верхнего карбона Верхоянья. М., Наука, 1983, 168 с.

Абрамов Б.С., Григорьева А.Д. Биостратиграфия и брахиоподы нижнего карбона Верхоянья. М., Наука. 1986, 193 с.

Биджиев Р.А., Горшкова Е.Р. Объяснительная записка к Государственной геологической карте СССР м-ба 1:200 000. Серия Верхоянская. Лист R-52-III, IV (Тикси). М., Всесоюзное аэрогеологическое научно-производственное объединение «Аэрогеология» Министерства геологии СССР, 1978, 72 с.

Богуш О.И., Герасимов Е.К., Черняк Г.Е., Юферев О.В. Крестьянские конгломераты устья Лены и их аналоги // Докл. АН СССР, 1963, т. 153, № 1, с. 166—169.

Булгакова М.Д. Крестьянские конгломераты устья р. Лены и условия их образования // Литология и полезные ископаемые, 1967, № 3, с. 127—134.

Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Сальникова Е.Б., Даценко В.М., Котов А.Б., Ковач В.П., Травин А.В., Яковлева С.З. Гранитоиды Ерудинского и Чиримбинского массивов Заангарья Енисейского кряжа — индикаторы неопротерозойских коллизионных событий // Геология и геофизика, 2002а, т. 43 (3), с. 259—272.

Верниковская А.Е., Пиис В.Л., Верниковский В.А., Джи В.Г., Травин А.В. Геохимия и петрология позднепротерозойских гранитов Момонто-Шренковского террейна (Центральный Таймыр) // Геохимия, 2002б, № 5, с. 489—498.

Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Даценко В.М., Сальникова Е.Б., Яснев А.М., Ковач В.П., Котов А.Б., Травин А.В. О проявлении раннепалеозойского магматизма в Южно-Енисейском кряже // Докл. РАН, 2004, т. 397, № 3, с. 1—6.

Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Сальникова Е.Б., Яснев А.М., Котов А.Б., Ковач В.П., Травин А.В., Яковлева С.З., Федосеенко А.М. Неопротерозойские А-граниты Гаревского массива (Енисейский кряж): возраст, источники и геодинамическая обстановка формирования // Петрология, 2006, т. 14, № 1, с. 56—68.

Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Ковач В.П., Травин А.В., Вингейт М.Т.Д. Лейкогранитный магматизм А-типа в эволюции континентальной коры западного обрамления Сибирского кратона // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (1), с. 5—21.

Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Матушкин Н.Ю., Романова И.В., Бережная Н.Г., Ларионов А.Н., Травин А.В. Среднепалеозойский и раннемезозойский анорогенный магматизм Южно-Енисейского кряжа: первые геохимические и геохронологические данные // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (5), с. 701—716.

Верниковский В.А. Геодинамическая эволюция Таймырской складчатой области. Новосибирск, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1996, 202 с.

Верниковский В.А., Верниковская А.Е., Сальникова Е.Б., Бережная Н.Г., Ларионов А.Н., Котов А.Б., Ковач В.П., Верниковская И.В., Матушкин Н.Ю., Яснев А.М. Позднерифейский щелочной магматизм западного обрамления Сибирского кратона: результат континентального рифтогенеза или аккреционных событий? // Докл. РАН, 2008, т. 419, № 1, с. 90—94.

Добрецов Н.Л., Буслов М.М. Позднедокембрийско-ордовикская тектоника и геодинамика Центральной Азии // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (1), с. 93—108.

Ершова В.Б., Худoley А.К., Прокопьев А.В., Васильев Д.А. Обстановки осадконакопления и фации нижневизейских отложений севера Сибирской платформы (низовья р. Лена) // Современное состояние наук о Земле. М., Изд-во Моск. ун-та, 2011, с. 634—637.

Ершова В.Б., Худoley А.К., Прокопьев А.В. Реконструкция питающих провинций и тектонических событий в карбоне в северо-восточном обрамлении Сибирской платформы по данным U-Pb-датирования детритовых цирконов // Геотектоника, 2013, т. 47, № 2, с. 32—41.

Захаров Ю.И., Чухонин В.Ф., Проскурнин В.Ф. Новые изотопно-геохимические данные для гранитоидов Шренка-Мамонтовского выступа полуострова Таймыр // Докл. АН СССР, 1993, т. 332, № 1, с. 58—61.

Ивенсен Ю.П. (Ред.). Осадочные и вулканогенно-осадочные формации Верхоянья (палеозой и нижний мезозой). Новосибирск, Наука, 1976, 133 с.

Коссовская А.Г., Шутов В.Д., Муравьев В.И. Мезозойские и верхнепалеозойские отложения Западного Верхоянья и Вилюйской впадины. М., Издательство АН СССР, 1960, 276 с.

Кутыгин Р.В. Нижний карбон Восточной Сибири и Верхоянья // Отечественная геология, 2009, № 5, с. 66—74.

Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Томуртоого О., Янь Х. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология, 2003, № 6, с. 7—42.

Прокопьев А.В., Парфенов Л.М., Томшин М.Д., Колодезников И.И. Чехол Сибирской платформы и смежных складчато-надвиговых поясов // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М., МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001, с. 113—155.

Прокопьев А.В., Торо Х., Смелов А.П., Миллер Э.Л., Вуден Дж., Граханов С.А., Олейников О.Б. Усть-Ленский метаморфический комплекс (северо-восток Азии): первые U-Pb SHRIMP геохронологические данные // Отечественная геология, 2007, № 5, с. 26—30.

Розен О.М. Сибирский кратон: тектоническое районирование, этапы эволюции // Геотектоника, 2003, № 3, с. 3—21.

Руднев С.Н. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озерной зоны Западной Монголии. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2013, 300 с.

Руднев С.Н., Владимиров А.Г., Пономарчук В.А., Крук Н.Н., Бабин Г.А., Борисов С.М. Раннепалеозойские гранитоидные батолиты Алтае-Саянской складчатой области (латерально-временная зональность, источники) // Докл. РАН, 2004, т. 396, № 3, с. 369—373.

Тучков И.И. Палеогеография и история развития Якутии в позднем палеозое и мезозое. М., Наука, 1973, 208 с.

Худoley А.К., Молчанов А.В., Округин А.В., Бережная Н.Г., Матуков Д.И., Сергеев С.А. Эволюция фундамента севера Сибирской платформы по данным U-Pb датирования обломочных цирконов в песчаниках мукунской серии, Анабарский щит // Фундаментальные проблемы тектоники. Т. 2. М., ГЕОС, 2007, с. 333—335.

Худoley А.К., Дэвис В., Рейнбирд Р.Х., Ковач В.П., Загорная Н.Ю., Молчанов А.В., Купцова А.В. Результаты U-Pb датирования обломочных цирконов и Sm-Nd изотопные исследования песчаников рифейского разреза юго-востока Анабарского щита: следствия для тектоники и стратиграфии // Изотопные системы и время геологических процессов. Т. II. СПб., ИП Каталкина, 2009, с. 240—242.

Япаскурт О.В. Литогенез и полезные ископаемые миогеосинклиналей. М., Недра, 1992, 224 с.

Bowring S.A., Grotzinger J.P., Isachsen C.E., Knoll A.H., Pelechaty S., Kolosov P.N. Calibrating rates of Early Cambrian evolution // Sciences, 1993, v. 261, p. 1293—1298.

Cocks L.R.M., Torsvik T.H. Siberia, the wandering northern terrane, and its changing geography through the Palaeozoic // Earth-Sci. Rev., 2007, v. 82, p. 29—74.

De Grave J., Buslov M.M., Van den Haute P., Metcalf J., Dehandschutter B., McWilliams M.O. Multi-method chronometry of the Teletskoye graben and its basement, Siberian Altai Mountains: new insights on its thermo-tectonic evolution / Eds. F. Lisker, B. Ventura, U.A. Glasmacher // Thermochronological methods — from palaeotemperature constraints to landscape evolution models: Geological Society Special Publication, London, 2009, p. 237—259.

Gehrels G. Analysis Tools. 2006. // <http://www.geo.arizona.edu/alc/Analysis/Tools.htm>

Glorie S., De Grave J., Buslov M.M., Zhimulev F.I., Izmer A., Vandoorne W., Ryabinin A., Van den Haute P., Vanhaecke F., Elburg M.A. Formation and Palaeozoic evolution of the Gorny-Altai—Altai-Mongolia suture zone (South Siberia): zircon U/Pb constraints on the igneous record // *Gond. Res.*, 2011, v. 20, p. 465—484.

Guynn J. Comparison of detrital zircon age distributions using the K-S test // Analysis Tools. 2006. <http://www.geo.arizona.edu/alc/Analysis/Tools.htm>

Kaplan A.A., Copeland P., Bro E.G., Korago E.A., Proskurnin V.F., Vinogradov N.A., Vrolijk P.J. New radiometric ages of igneous and metamorphic rocks from the Russian Arctic // AAPG Regional Conference 2001 Abstracts. St Petersburg: VNIGRI, AAPG. 2001.

Khudoley A.K., Prokopiev A.V., Chamberlain K.R., Ernst R.E., Jowitt S.M., Malyshev S.V., Zaitsev A.I., Kropachev A.P., Koroleva O.V. Early Paleozoic mafic magmatic events on the eastern margin of the Siberian Craton // *Lithos*, 2013, v. 174, p. 45—56.

Kruk N.N., Rudnev S.N., Vladimirov A.G., Shokalsky S.P., Kovach V.P., Serov P.A., Volkova N.I. Early-Middle Paleozoic granitoids in Gorny Altai, Russia: implications for continental crust history and magma sources // *J. Asian Earth Sci.*, 2011, v. 42, p. 928—948.

Lorenz H., Gee D.G., Whitehouse M.J. New geochronological data on Palaeozoic igneous activity and deformation in the Severnaya Zemlya Archipelago, Russia, and implications for the development of the Eurasian Arctic margin // *Geol. Mag.*, 2007, v. 144(1), p. 105—125.

Lorenz H., Gee D.G., Simonetti A. Detrital zircon ages and provenance of the Late Neoproterozoic and Palaeozoic successions on Severnaya Zemlya, Kara Shelf: a tie to Baltica // *Norwegian J. Geol.*, 2008, v. 88(4), p. 235—258.

Ludwig K.R. Isoplot 3.00. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 2003, № 4, 70 p.

Metelkin D.V., Vernikovskiy V.A., Kazansky A.Yu. Paleozoic history of the Kara microcontinent and its relation to Siberia and Baltica: paleomagnetism, paleogeography and tectonics // *Tectonophysics*, 2005, v. 398, p. 225—243.

Pease V., Scott R.A. Crustal affinities in the Arctic Uralides, northern Russia: significance of detrital zircon ages from Neoproterozoic and Palaeozoic sediments in Novaya Zemlya and Taimyr // *J. Geol. Soc.*, 2009, v. 166, p. 517—527.

Pease V., Gee D.G., Vernikovskiy V., Vernikovskaya A., Kireev S. Geochronological evidence for late-Grenvillian magmatic and metamorphic events in Central Taimyr, northern Siberia // *Terra Nova*, 2001, v. 13, p. 270—280.

Prokopiev A.V., Toro J., Miller E.L., Gehrels G.E. The paleo-Lena River — 200 m.y. of transcontinental zircon transport in Siberia // *Geology*, 2008, v. 36, № 9, p. 699—702.

Prokopiev A.V., Khudoley A.K., Roes S.P., Kazakova G.G., Lokhov D.K., Koroleva O.V., Ershova V.B., Sergeev S.A. New data on the Early Cambrian bimodal volcanism in the northeastern Siberian platform // Large igneous provinces of Asia: mantle plumes and metallogeny. Irkutsk, Petrographica, 2011, p. 196—199.

Smelov A.P., Timofeev V.F. The age of the North Asian Cratonic basement: an overview // *Gond. Res.*, 2007, v. 12, p. 279—288.

Vernikovskiy V.A., Vernikovskaya A.E. Central Taimyr accretionary belt (Arctic Asia): Meso-Neoproterozoic tectonic evolution and Rodinia breakup // *Precamb. Res.*, 2001, v. 110, p. 127—141.

Vernikovskiy V., Vernikovskaya A., Pease V., Gee D. Neoproterozoic orogeny along the western margin of the Siberia / Eds. D. Gee, V. Pease. The Neoproterozoic Timanide orogen of eastern Baltica // *Geol. Soc.*, London, 2004, *Memoirs* 30, p. 233—247.

Vernikovskiy V.A., Vernikovskaya A.E., Wingate M.T.D., Popov N.V., Kovach V.P. The 880—864 Ma granites of the Yenisey Ridge, western Siberian margin: geochemistry, SHRIMP geochronology, and tectonic implications // *Precamb. Res.*, 2007, v. 154, p. 175—191.

*Поступила в редакцию
26 марта 2013 г.*