



Фото Инны Сафоновой.

Одно из обнажений на берегу Японского архипелага. На фото видны переслаивающиеся песчаники и кремнистые сланцы (пример стратиграфии океанической плиты первого типа) возраста около 15 млн лет из аккреционного комплекса Шиманто, остров Шикоку.

● НАУКА. ВЕСТИ С ПЕРЕДНЕГО КРАЯ

ИСТОРИЯ ОКЕАНА, ОТРАЖЁННАЯ В КАМНЕ

Расшифровка истории развития древних океанов интересна не только для фундаментальной науки. Древние океанические породы находятся в складчатых поясах Тихоокеанского типа, с которыми связаны месторождения золота, серебра, цинка и других ценных полезных ископаемых. Поэтому уточнение происхождения пород океанической плиты может помочь в поиске и разведке месторождений.

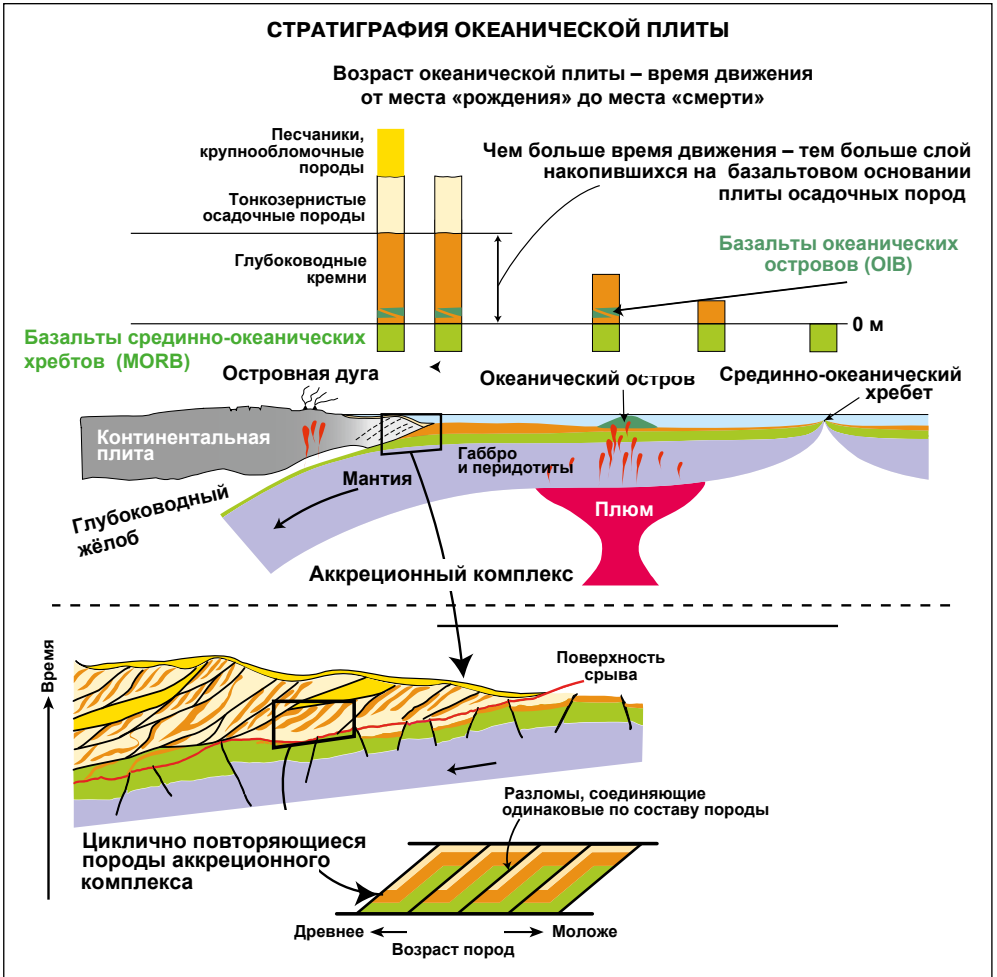
Но как «разговорить» древние породы и проследить эволюцию океанов? Свой подход к решению этой задачи предложила международная группа исследователей из Новосибирского государственного университета, Института геологии и минералогии СО РАН и Токийского института технологий.

Области, в которых находятся океанические породы, имеют чрезвычайно сложную структуру, так как их образование связано с взаимодействием крупных геологических единиц — литосферных плит. Упрощённо литосферные плиты можно представить в виде слоёного пирога, где внизу находятся вулканические породы, а поверх них — осадочные. «Рождаются» океанические плиты в зонах срединно-океанических хребтов, где происходят подводные вулканические извержения базальтовой лавы, которая, застывая,

образует один из нижних слоёв будущей океанической плиты.

Поглощаются, или «умирают», состарившиеся океанические плиты в зонах субдукции, то есть в зонах погружения одной плиты под другую.

В промежутке между «рождением» и «смертью» плита движется, как траволатор в аэропорту, наращивая свою толщину как снизу — за счёт кристаллизующихся вулканических пород, так и сверху — за счёт попадающих на океанское дно частиц планктона, песка и



Принцип стратиграфии океанической плиты.

другого осадочного материала. Скорость движения плиты — от единиц до десятков сантиметров в год и сравнима со скоростью роста человеческих ногтей.

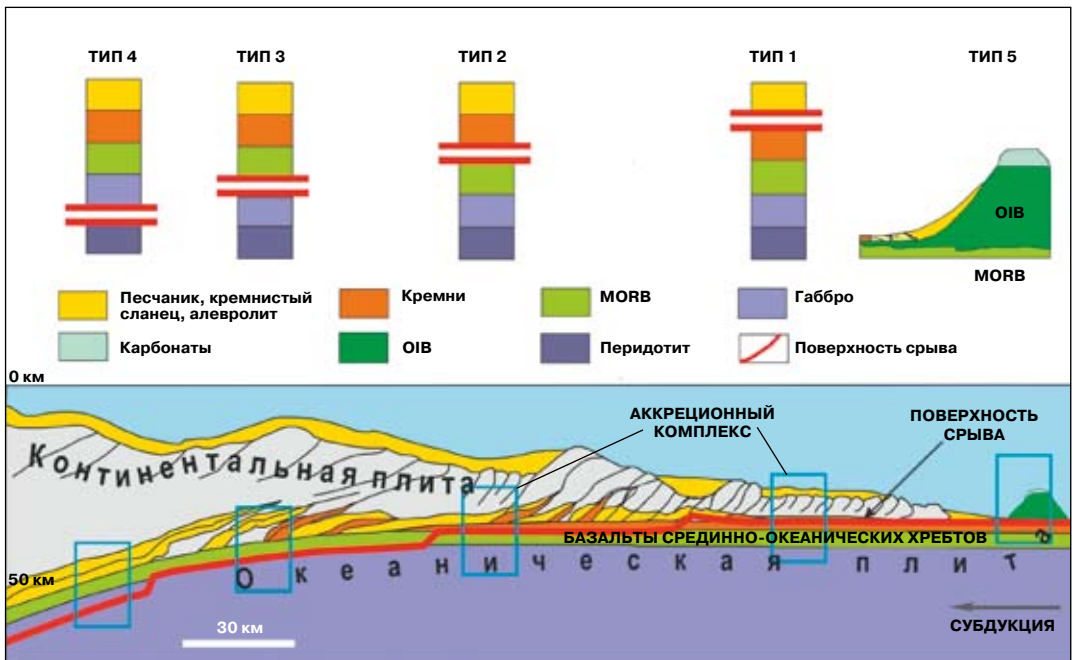
Области, где сохранились древние океанические породы, представляют собой изрядно смятый в результате погружения океанической плиты под континентальную «слоёный пирог». Разобраться в этом нагромождении пород, определить их происхождение и возраст, «разговорить» камни — непросто.

Чем лучше изученность, сохранность и доступность пород, тем больше шансов решить эту головоломку. С этой точки зрения аккреционные комплексы Японских островов, представляющие собой устойчивые ассоциации пород вулканического и осадочного происхождения, — отличный объект для исследования. Более 20 лет назад японские специалисты проделали масштабную работу — всесторонне описали эти породы, определили их возраст и химический состав, реконструировали их геологическое положение в древнем океане, изучив буквально каждый квадратный километр островов. Однако полученные

результаты не были объединены с другими накопленными геологическими данными и недостаточно обобщены для использования в иных регионах.

Теперь благодаря новому подходу, описанному в журнале «Gondwana Research», эти знания собраны в единую картину и обобщены для использования в других регионах, и в первую очередь в Центральной Азии. Центрально-Азиатский складчатый пояс, крупнейшая мировая горная система, — древний аналог современной западной окраины Тихого океана, включающей и Японские острова.

Русско-японская команда провела детальные полевые и лабораторные исследования пород аккреционных комплексов Японии и выделила пять типов стратиграфии океанической плиты. Упрощённо стратиграфию океанической плиты можно определить, как выделение участков «пирога», или, в геологической терминологии, разрезов, отличающихся по толщине, составу и числу «слоёв»: где-то имеется тонкий слой «теста», а где-то — чередование «теста» с «начинкой», причём состав «начинки» приблизительно известен. ⇒



Типы стратиграфии океанической плиты. Рисунок из статьи: Safonova I., Maruyama S., Kojima S., Komiya T., Krivonogov S., Koshida K. Recognizing OIB and MORB in accretionary complexes: a new approach based on ocean plate stratigraphy, petrology, and geochemistry. Gondwana Research, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2015.06.013>.



Эволюция Тихого океана в зоне Японской островной дуги 250—164 млн лет назад. Рисунок из книги: Maruyama Sh., Isozaki Yu., Kimura G., Terabayashi M. Paleogeographic maps of the Japanese Islands: Plate tectonic synthesis from 750 Ma to the present. *Island Arc* 6, 1997. 121—142.

Типы разрезов океанической плиты классифицировали по принципу их удалённости от места «рождения» и глубины срыва в зоне погружения. Подобная классификация была сделана впервые.

В первом типе стратиграфии океанической плиты «кусочек пирога» представляет собой фрагмент молодой океанической плиты: только «родившись» в зоне спрединга, она почти сразу попала в зону субдукции, и там «кусочек» плиты был оторван и впоследствии попал на поверхность земли. Вероятный возраст океанической плиты, на которой сформировался этот «ломтик», — менее 10 млн лет, а глубина срыва — от нуля до 10 км. На этой глубине мог отделиться лишь самый верхний слой осадочных пород, а другие, более плотные, осадочные и магматические породы отправились вглубь, на «переработку» в мантию.

Второй, третий и четвёртый типы стратиграфии океанической плиты «срезались» в зоне субдукции на всё возрастающей глубине (от 15 до 50 км), и в их составе встречаются не только осадочные, но и подстилающие их вулканические породы. То есть в «пирогах» этих типов стратиграфии океанической плиты увеличивается число слоёв. Среди пород здесь появляются глубоководные кремни, образовавшиеся на дне глубокого и большого океана. Возраст плит, на которых образовывались эти ассоциации пород, тоже последовательно увеличивался.

Пятый тип стратиграфии океанической плиты необычный. В отличие от всех предыдущих, он образуется на океанических поднятиях — на островах, подводных горах (симаунтах) или плато и включает базальты особого состава — типа OIB (от англ. oceanic island basalts — базальты океанических островов).

Находка «ломтика» такого состава говорит о том, что плита, на которой образовался океанический остров, по мере движения «прожигалась» снизу, находясь под воздействием поднимающегося из мантии плюма. Последний и привёл к формированию океанических островов или плато. Такие поднятия (горы) в океанах могут образоваться на океанической плите любого возраста.

Таким образом, выделив пять типов стратиграфии океанической плиты, геологи могут оценить размер и продолжительность жизни древних океанических плит, а значит, и размеры исчезнувших океанов.

Однако не всегда выделение типов стратиграфии океанической плиты бывает точным. Ведь обнажения, где встречаются фрагменты древних океанических пород, — это лишь остатки бывших океанических плит, погружившихся в мантию, и цепочка пород, отражающая «жизнь» плиты, может быть неполной или нарушенной. Поэтому для уточнения происхождения океанических пород исследователи применили ещё два метода — петрологическое изучение пород под микроскопом и геохимический анализ пород.

С помощью первого метода определяется последовательность кристаллизации главных минералов в породе и их состав. Это помогает узнать первоначальные условия образования породы. Так, базальты разных типов, внешне очень похожие, могут формироваться в разной обстановке, например в зоне «рождения» океанической плиты, в зоне её «смерти» или при «прожигании» плиты горячим веществом плюма.

Геохимическое исследование необходимо для воссоздания полного химического «облика» базальтов и характеристики источников расплавов, находившихся в мантии.

Совместное применение трёх методов изучения пород даёт возможность избежать ошибок. Такие сложности возникали у учёных при попытке диагностировать условия образования базальтов с помощью одних лишь геохимических диаграмм без учёта геологических и петрологических данных.

Определение возраста фрагментов древних океанических плит — ещё один краеугольный камень исследования. В аккреционных зонах часто встречаются фрагменты плит разных возрастов на участке площадью всего в несколько десятков километров, при этом они могут быть разделены по времени образования десятками, а иногда и сотнями миллионов лет. Каждый фрагмент океанической плиты — «кусочек слоёного пирога» — состоит из своего набора пород, как вулканических, так и перекрывающих их осадочных. Осадочные породы содержат остатки скелетов мельчайших морских организмов (радиолярий и других), с помощью которых был установлен возраст содержащей их породы, а значит, и океанической плиты с точностью до 5 млн лет. Для исследуемых объектов юго-западной Японии возраст пород в разных типах стратиграфии океанической плиты составляет от 360 до 7 млн лет.

Выяснив возраст и тип базальта и изучив связанные с ним осадочные породы, учёные смогли с уверенностью определить, в каких условиях формировались «слоёные пироги» аккреционных зон юго-западной части Японского архипелага. Часть пород принадлежит протяжённым цепочкам океанических островов, образовавшимся в карбоновом и пермском периодах (более 260 млн лет назад) на древней океанической плите Фараллон, впоследствии полностью погружившейся в мантию. Другие породы «говорят»

Габбро — магматическая интрузивная (изливающаяся в глубине земной коры) горная порода основного состава (SiO_2 от 40 до 52%) чёрного или зелёного цвета.

Перидотит — магматическая интрузивная горная порода ультраосновного состава (SiO_2 от 40 до 46%), состоящая преимущественно из двух минералов — оливина и пироксена.

Мантийный плюм — предполагаемый поток тепла и горячего пластичного материала, зарождающийся глубоко в мантии, который поднимается к земной поверхности и часто «прожигает» литосферу. По геофизическим данным, мантийный плюм может представлять собой субвертикальное цилиндрическое тело (мантийную струю), иногда с раздувом в верхней части.

Тектоническая обстановка — условия образования горных пород, связанные с взаимодействием крупных литосферных блоков.

о том, что раньше они были фрагментами океанических островов и больших плато, возникших порядка 200 млн лет назад на океанической плите Изанаги, также давно исчезнувшей с поверхности земли. Третьи около 100 млн лет назад были «кусочками» Тихоокеанской плиты, которая продолжает своё путешествие в мантию и сейчас.

Исследование выполнено при поддержке российских и японских научных фондов, а также Международной Программы геологической корреляции (International Geological Correlation Program, IGCP) Международного союза геологических наук и ЮНЕСКО (проект IGCP#592) под руководством кандидата геолого-минералогических наук Инны Сафоновой (Новосибирский государственный университет, Институт геологии и минералогии СО РАН).

Надежда ДМИТРИЕВА,
Институт геологии
и минералогии СО РАН.