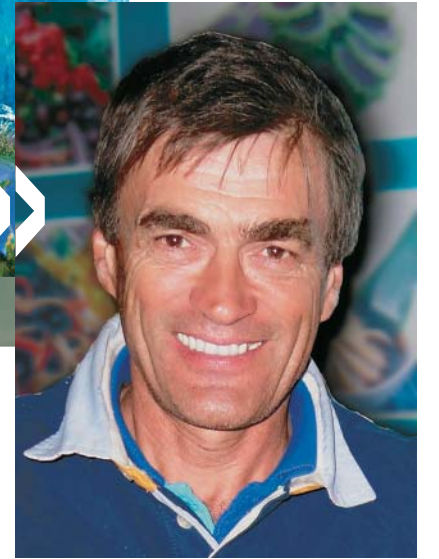




«Плыву вперед по абрису...»

Когда академик Н. Л. Добрецов начинал свой путь в науке, основой поиска полезных ископаемых было геологическое картирование. Исследователи огромной территории СССР располагали только молотком, компасом и топографической картой, причем последней – не всегда. Недаром любимой песней Добрецова, который вышел из геологов-романтиков и до конца жизни оставался романтиком в науке, была знаменитая «На это место уж нету карты, плыву вперед по абрису», которую написал его однокурсник, поэт-исполнитель, д-р геол.-минерал. наук Александр Городницкий. За всю свою жизнь академик Добрецов провел 67 полевых сезонов в более чем 30 странах мира: поднимался на высоту выше 5 км на Памире, опускался на 4 км в атлантические глубины и на байкальское дно. И это не был «туризм от науки»: он не просто смотрел, но видел – мог объяснить и научно обосновать практически любые процессы, происходящие в недрах Земли и на ее поверхности. Результаты его научных исследований в теории тектоники плит и глубинной геодинамики – основы познания строения и эволюции Земли, дали огромный толчок для развития российской и мировой геологии



БУСЛОВ Михаил Михайлович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор более 400 научных работ

До середины прошлого века в геологии господствовала *геосинклинальная теория*, основы которой были заложены еще в XIX в. Она признавала только циклические колебательные (в вертикальном направлении) движения земной коры. Согласно ее основным положениям, порода была тем древнее, чем сильнее *метаморфизирована* (изменена под действием факторов физико-химической природы); соответственно, более молодыми считались породные ассоциации, которые лежали выше. Эта теория активно развивалась, когда еще не было возможностей измерять геохронологический возраст метаморфических пород и изучать геологию океанского дна.

Позже стало очевидно, что степень метаморфизма не является показателем древности пород. Как выяснилось, в земной коре часто образуются разломы, в результате чего одни геологические

структуры надвигаются на другие (процесс *субдукции*), в том числе более древние – на более молодые. Хотя в реальности все обстоит еще сложнее. К примеру, существуют тектонические пластины, первоначально разделенные надвигами, а затем буквально смятые в складки. Да и горизонтальные сдвиги сегментов земной коры могут достигать сотен и даже тысяч километров.

Так на смену теории *геосинклиналей* пришла *теория тектоники плит*, в основу которой легла идея о горизонтальных смещениях крупных литосферных блоков (тектонических плит), находящихся в постоянном движении относительно друг друга. В зонах их взаимодействия идут активные

Ключевые слова: академик Н. Л. Добрецов, тектоника плит, плюм-тектоника, сейсмотомография, плюмовый магматизм.
Key words: Academician N. L. Dobretsov, plate tectonics, plume tectonics, seismotomography, plume magmatism

© М. М. Буслов, 2021

геологические процессы: расхождение и погружение плит сопровождаются магматической и сейсмической деятельностью, что напрямую связано с рудообразованием.

Эти представления полностью изменили понимание глубинных и поверхностных процессов, протекающих на планете, и, что важно, концепцию составления геологических карт и поиска месторождений полезных ископаемых. После появления этой теории, которая смогла объяснить многочисленные геологические процессы на поверхности и в литосфере Земли, возникла глобальная научная проблема выявления глубинных механизмов, которые и приводят в движение крупные тектонические сегменты.

Что движет литосферу

Теория тектоники плит начала активно развиваться в середине XX в., но на тот момент ни отечественное, ни мировое научное сообщество ничего не знало об источнике энергии, которая приводит в движение земную кору.

Н. Л. Добрецов и его коллеги, занявшись решением этой задачи, смогли доказать, что главной причиной движения литосферных плит служит *мантийная конвекция* – медленная, плавная циркуляция

расположенных между корой и ядром планеты твердых масс, вызванная тепловыми конвекционными потоками из недр к поверхности. А непосредственной причиной этого движения служат *мантийные плюмы* – не связанные с конвективными течениями горячие магматические базальтовые «струи», всплывающие из глубин Земли на границе с ядром или нижней и верхней мантией.

Эти результаты, опубликованные в цикле трудов «Глубинная геодинамика» (1994), были в 1997 г. отмечены Государственной премией РФ в области науки и техники.

Позже, уже в XXI в., на этом базисе выросла новая теория – так называемая *плюм-тектоника*, в которой гармонично увязаны объяснения как внутренних процессов, происходящих в мантии и на границе ядра, так и «внешних», характерных для литосферы, включая ее поверхность. Согласно этой теории, эволюция литосферы теснейшим образом связана с развитием океанов, последующими процессами в субдукционных зонах на окраинах континентов и влиянием мантийных плюмов на всех этапах формирования складчатых и платформенных структур.

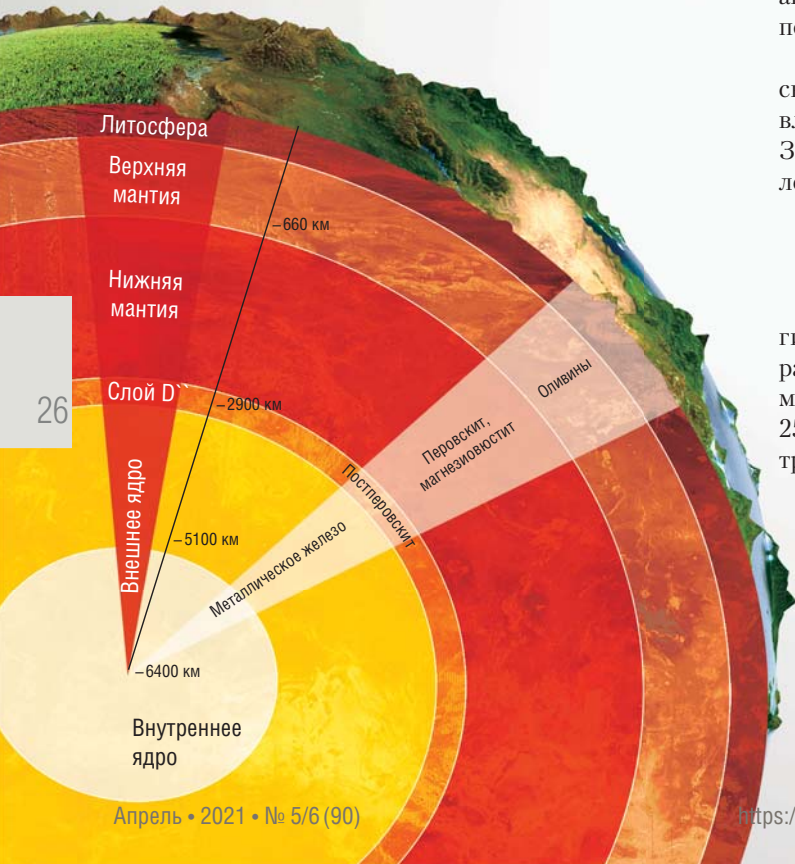
Эта теория подтверждалась многочисленными публикациями Н. Л. Добрецова и его коллег, в которых была показана важная роль палеоокеанических и плюмовых комплексов в образовании так называемых *складчатых поясов континентов* – подвижных структур, обрамляющих и разделяющих древние континентальные платформы, где в условиях высокой тектонической активности формируются магматические и осадочные породы.

Теперь мы знаем, что взаимодействие тектонических плит и плюмовый магматизм оказали решающее влияние как на формирование континентальной коры Земли, так и на ее климат, экологию и даже само появление жизни.

На гребне плюма

Оценить энергию плюмов (крупнейших геологических объектов, представляющих собой магму, разогретую до температуры выше тысячи градусов) можно на примере Сибирского плюма. Этот суперплюм 255–245 млн лет назад породил знаменитые Сибирские траппы – настоящее огненное магматическое «море»

Земной шар, как следует из данных сейсмологии, составлен из «сфер» (оболочек) разной толщины, фазово-химический состав и физические свойства которых резко различаются



площадь более 8 тыс. км², соизмеримое с Австралийским континентом, и «глубиной» (мощностью магматических тел) более 3 км.

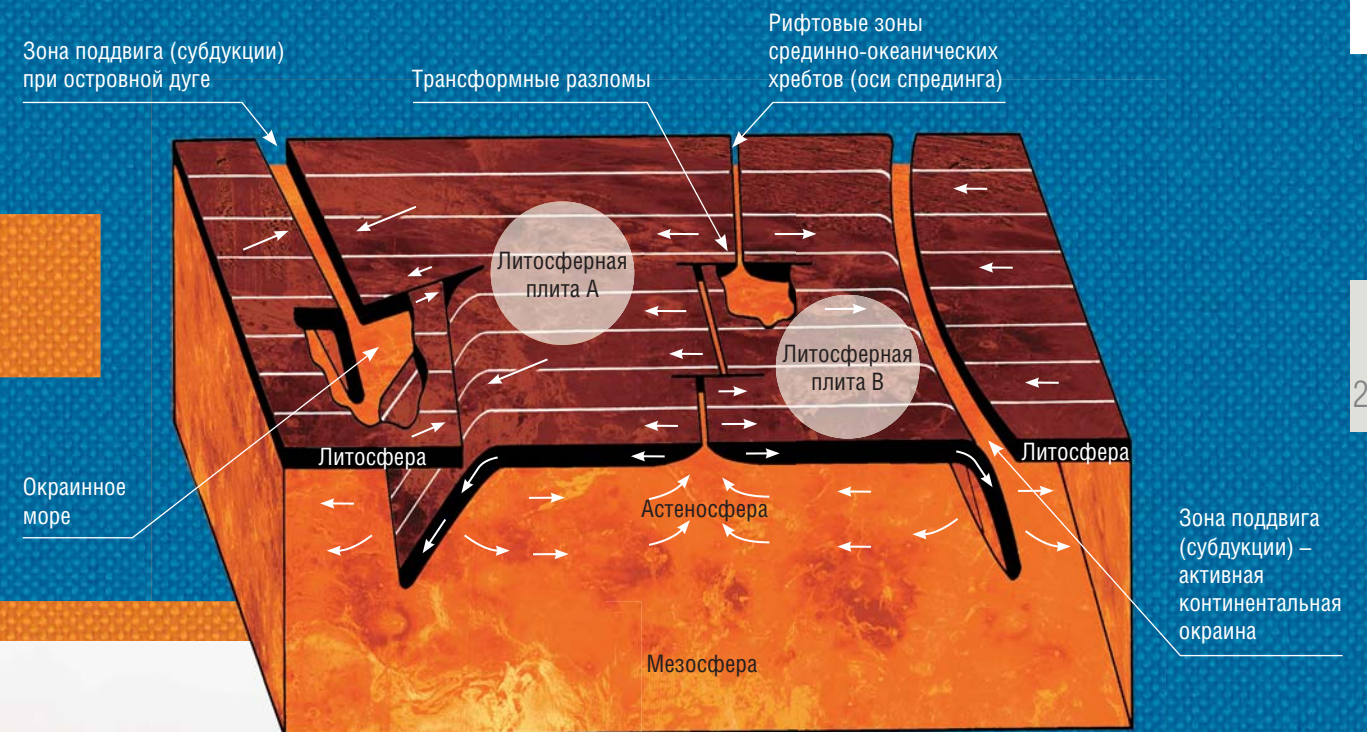
По расчетам академика Добрецова, в истории Земли за последние 300 млн лет было 16 суперплюмов и плюмов, при этом периодичность крупных излияний составляла около 30 млн лет. К современным проявлениям плюмового магматизма относятся, к примеру, исландские и гавайские вулканы.

С плюмами прямо или косвенно связаны все крупные рудные месторождения. Есть такое выражение: «в маленьком пруду большую рыбу не поймает». Так же и здесь: огромная масса разогретого магматического вещества с огромной энергией выносит с собой к поверхности за относительно короткое



Тектоника литосферных плит подразумевает их механическое взаимодействие с мантийной «подложкой». Под влиянием конвекции в астеносфере они перемещаются по горизонтали. В зонах поддвига (субдукции) плиты опускаются в мантию, а в зонах спрединга образуется новая океаническая кора – центральные (рифтовые) структуры срединно-океанических хребтов. По: (Айзекс, Оливер, Сайкс, 1974)

Н. Л. Добрецов и Г. А. Савельева на международной экскурсии на Вайкаро-Сынинском массиве. Полярный Урал, август 1978 г.





Условные обозначения:

 – метаморфические комплексы

Американский геолог Р. Г. Колман и Н. Л. Добрецов на совещании «Доюрская эволюция Восточной Азии» в Улан-Удэ

Н. Л. Добрецову вместе со своими коллегами удалось установить основные закономерности различных метаморфических фаций – совокупностей горных пород, претерпевших метаморфизм в близких термодинамических условиях, и разработать основные принципы составления обзорных карт метаморфизма. Слева – дружеский шарж из неопубликованной статьи чл.-корр. Е. В. Склярова «Н. Л. Добрецов и тектонические аспекты метаморфизма», на котором изображены все соавторы четырехтомной монографии «Фации метаморфизма», удостоенной в 1976 г. Ленинской премии

Н. Л. Добрецов на всю жизнь сохранил дружбу с профессором Стэнфордского университета Бобом Колманом. Последний настойчиво звал Добрецова работать к себе и не мог понять, почему тот отказывался. Колман не понимал, как может такой активный ученый сидеть в Сибири – этой тьмутаракани, произнося это слово на смешной манер: «тматаракань». Тогда Добрецов устроил другу геологическую экскурсию по Восточному Саяну и Байкалу, после чего Колман даже выразил желание остаться у нас...



(около 10 млн лет) время различные слагаемые будущих полезных ископаемых. Но научный интерес Николая Леонтьевича не ограничивался прогнозом рудоносности: ему важно было понять механизмы, по которым развивается наша планета в целом, от ядра до поверхности.

Благодаря активной деятельности Николая Леонтьевича Добрецова и его коллег всего за десятилетие плюм-тектоника из гипотезы перешла в разряд самостоятельной науки. Николай Леонтьевич внедрял новую концепцию на лекциях, семинарах и конференциях. Как ученый, он представлял огромный интерес и для студентов, и для всего научного сообщества: к его мнению прислушивались, к его лекциям и докладам относились с огромным уважением. И даже его научные оппоненты всегда с интересом следили за его работами.

В рамках плюм-тектоники нашло свое развитие еще одно направление – теоретическое и экспериментальное моделирование глубинных геодинамических процессов. И это очень важное направление, так как от этих процессов, как уже упоминалось, зависит не только структура литосферы, но и рудообразование, и формирование земных ландшафтов, и планетарный климат.

К примеру, все крупные катастрофы в истории планеты с массовыми вымираниями живых организмов были связаны с извержениями магматического вещества плюмов. А появление крупных горных систем отразилось на климате: возникновение Центрально-Азиатского горного пояса сделало климат северной Евразии холоднее, а Южной Азии – теплее. И такие события на протяжении всей многомиллиардной истории Земли случались регулярно.

Что касается месторождений полезных ископаемых, то их открытие всегда сопровождалось бурными научными дискуссиями, и в первую очередь по поводу



На Горном Алтае со своим учеником – член-корр. РАН Е. В. Скляровым, научным руководителем Института земной коры СО РАН (Иркутск). Бассейн р. Чулышман, 2018 г.

Николай Леонтьевич был великолепным спорщиком. Мне и самому доводилось спорить с ним, но больше всего я любил наблюдать его со стороны. Один из таких случаев произошел на международной конференции в Киото в 2000 г., где у Добрецова был совместный доклад с Е. В. Скляровым. Николаю Леонтьевичу нужно было срочно ехать в аэропорт, и он, понятное дело, решил дать напутственные слова Евгению Викторовичу. Однако у Склярова имелось собственное мнение, слово за слово – и завязалась громкая дискуссия. Когда в зале объявили перерыв, участники конференции вышли в холл и увидели, что причиной шумовой атаки является спор двух русских ученых. Когда наши герои сделали паузу, раздались бурные аплодисменты. Публика, в основном иностранная, вряд ли понимала, о чем идет спор, но его энергия была очевидна... Очень живы и артистичны были и все лекции и семинары Добрецова, и поэтому они нравились всем без исключения. Знание русского при этом было желательно, но не обязательно

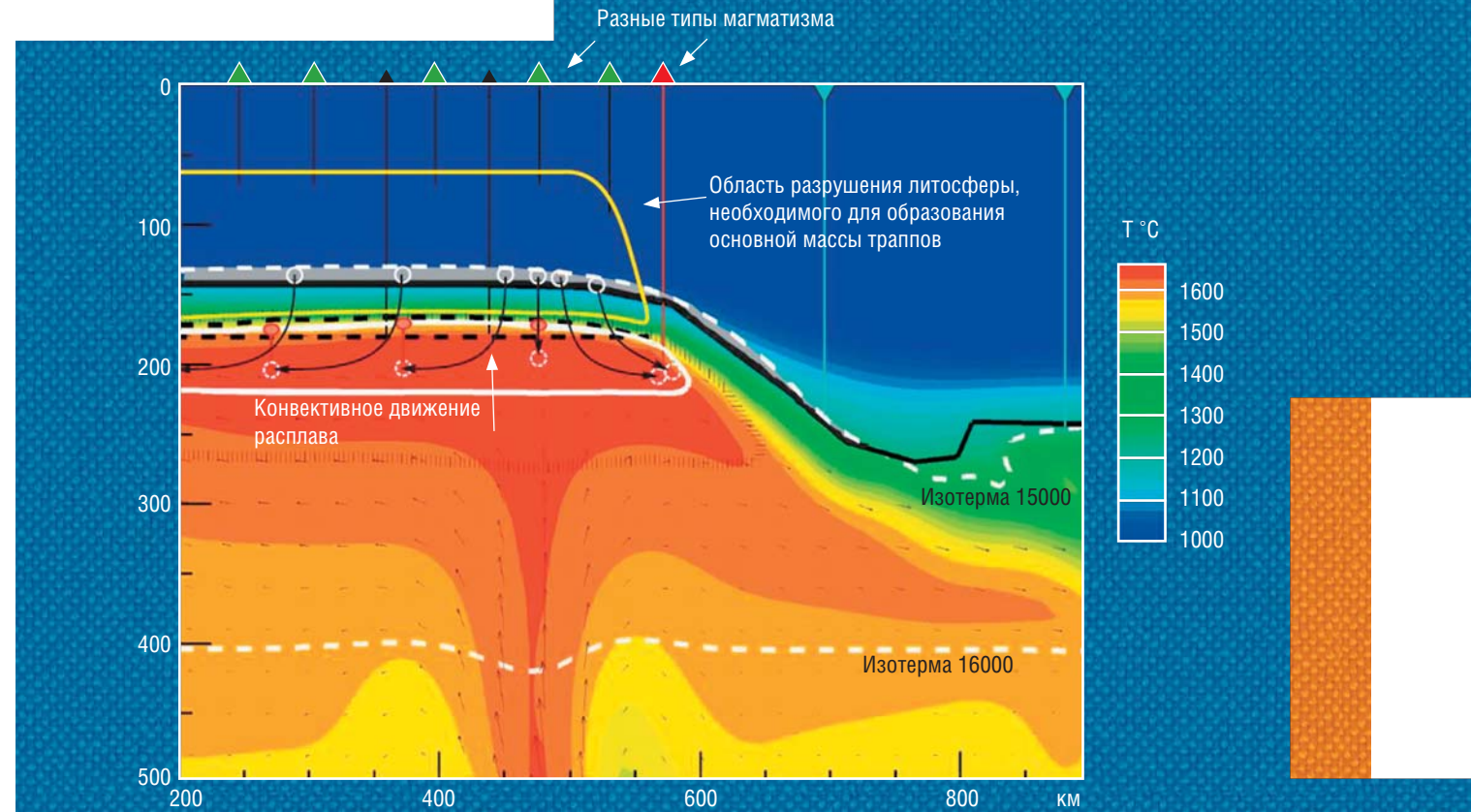
их происхождения. Напомним, что благодаря работам Добрецова и его коллег по моделированию магматических процессов стало очевидно, что практически все крупные месторождения так или иначе связаны с плюмовым магматизмом. Примером могут служить огромные норильские медно-никелевые рудные месторождения, напрямую связанные с породами Сибирских траппов.

Правда, есть и такие месторождения, которые сформировались, казалось бы, независимо от глубинных геодинамических процессов. Однако результаты моделирования магматических процессов говорят о том, что и здесь не обошлось без плюмов: горячие плюмовые базальты плавают породы внутри литосферы, что способствует формированию кислых магм и гидротермальных растворов, несущих рудное вещество к поверхности.



Обсуждение процесса формирования внутриокеанических базальтовых островов, связанных с плюмовым магматизмом, на геологической экскурсии после XIX Всероссийской конференции «Геодинамика. Геомеханика и геофизика». Горный Алтай, август 2020 г.

Когда Н. Л. Добрецов приехал с семьей в новосибирский Академгородок в 1960 г. в качестве младшего научного сотрудника Института геологии и геофизики СО АН СССР, ему предложили зарплату в 100 рублей. В Алтайской геолого-съёмочной экспедиции, где он работал до этого, он зарабатывал более тысячи рублей, как и жена. Зарплаты мэнзэса молодой семье с детьми катастрофически не хватало, так что Добрецову приходилось грузить вагоны на железнодорожной станции. Узнав об этом, его научный руководитель академик В. С. Соболев предложил ему читать лекции в университете. Так Николай Леонтьевич обнаружил свой талант педагога и науку не оставил



Сибирские траппы – одна из крупнейших континентальных провинций мантийных магм, сформировавшихся в позднем палеозое вне связи с распадом континентов. Вверху – модель образования траппов Сибирского плюма, на которой указано реакционное взаимодействие между плюмовыми расплавами и эклогитами литосферной мантии. Рассчитанные изотермы 16 000 и 15 000 обрисовывают линзу устойчивости накапливающегося из струи расплава, сходную с линзой расплава в голове плюма. По: (Соболев и др., 2009)

Мировая геология в Сибири

Новое научное направление – глобальную геодинамику – Н. Л. Добрецов начал активно развивать еще в бытность директором Геологического института СО АН СССР в Улан-Удэ, а вернувшись в 1988 г. в новосибирский Академгородок, создал лабораторию геологической корреляции (позже – лаборатория геодинамики и магматизма) в Институте геологии и геофизики СО АН СССР, руководителем которого он стал.

Добрецов считал, что любую научную проблему нужно изучать с разных углов зрения. Он старался объединить ученых разных направлений для решения одной задачи на базе корреляций: на эту основу «нанизывалось» множество научных групп из самых разных лабораторий. Поначалу такой принцип работы вызывал у его коллег недоумение и даже раздражение, но вскоре оказалось, что он дает возможность подходить к проблеме нестандартно и рождает множество новых идей. Именно такой подход Добрецов, уже в качестве



Рисунок из неопубликованной статьи чл.-корр. Е. В. Спярова «Н. Л. Добрецов и тектонические аспекты метаморфизма» иллюстрирует выдвинутую Добрецовым идею правильной периодичности высокобарического метаморфизма, которая хорошо коррелирует с периодичностью плюмового магматизма и, возможно, определяется им

председателя Президиума СО РАН, использовал в интеграционных проектах, которые успешно работали.

Николай Леонтьевич всегда считал, что ни один научный коллектив не может существовать без обмена опытом. Возглавив институт, он сразу организовал еженедельные семинары, где все ведущие ученые делали доклады, которые активно обсуждались. Даже очень занятый административными обязанностями, он никогда не пропускал этих собраний и конференций, причем всегда приходил первый, а уходил последний. И внимательно слушая все доклады, отмечал тех, кого нужно поддержать, пригласить для совместных исследований. Сейчас такое отношение – большая редкость. Сам он активно «популяризовал» тектонику плит, благодаря чему многие

Чета Добрецовых, М. И. Кузьмин, Н. М. Суцневская и командир подводного аппарата «Мир», на котором Н. Л. Добрецов опускался на дно Атлантики. 1989 г.



его коллеги стали горячими сторонниками этой концепции.

На посту председателя Сибирского отделения РАН академик Добрецов использовал все возможности, чтобы вывести сибирскую науку на мировой уровень. Благодаря его активности и международным связям за Уралом (в Новосибирске, Иркутске, Улан-Удэ) ежегодно проводились международные конференции, семинары, научные экскурсии. Начало 1990-х гг. стало настоящим расцветом сибирской геологии, свидетельством чему стало создание сильных научных школ. Из научной школы самого Добрецова «Глобальная геодинамика и корреляция геологических процессов эволюции Земли» вышли более 30 кандидатов и 20 докторов геолого-минералогических наук, а также 5 членов РАН.

По инициативе академика Добрецова были заключены международные соглашения с рядом научных и образовательных организаций (например, японскими университетом Хоккайдо и Токийским университетом, бельгийскими Королевским музеем Центральной Африки и Гентским университетом и др.) о проведении научно-исследовательских работ и полевых школ для российских и зарубежных студентов. Так был открыт путь к совместным исследованиям и мировой аналитической базе данных. А ученые, которым удалось побывать и учиться в России благодаря Добрецову, сегодня работают по всему миру.

Н. Л. Добрецов в краевой части кальдеры вулкана Уксичан Срединного хребта в северной части полуострова Камчатка. Эта кальдера образовалась в результате одного из крупнейших в мире взрывных извержений. Август 2015 г.

В одну из геологических экспедиций на Горный Алтай мы ожидали приезда Н. Л. Добрецова, но он был очень занят и смог вырваться только на два дня. Полевой сезон заканчивался, работы оставалось на три маршрута. И тогда он предложил: первый день до обеда – один маршрут, после обеда – второй, ну а на следующий день – третий, самый длинный. Что нам оставалось? Если Добрецов что-то запланировал, он это обязательно сделает. Встали в 6 ч утра – пошли в первый маршрут. Обедали высоко в горах, а поздно вечером, как полагается, нас ожидала баня...

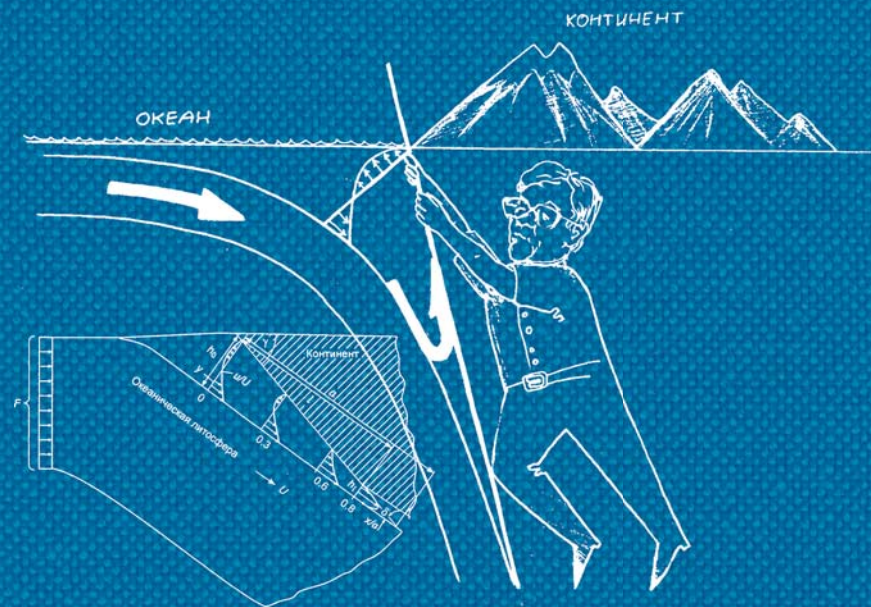
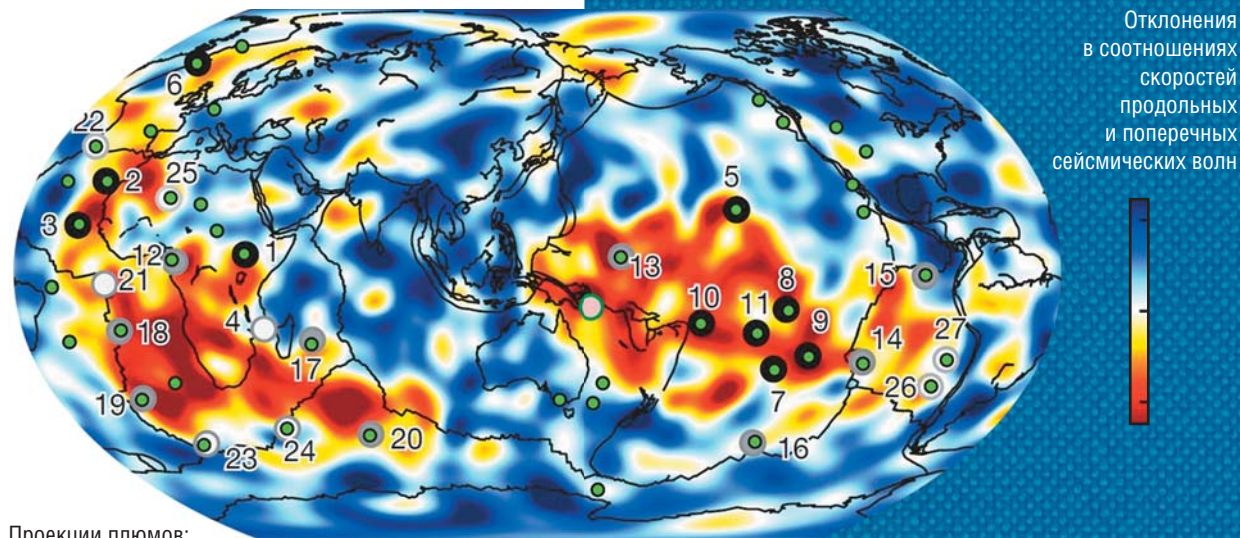


Рисунок из неопубликованной статьи чл.-корр. Е. В. Склярова «Н. Л. Добрецов и тектонические аспекты метаморфизма»: модель аккреционного клина как главный регулятор стабильности зон субдукции





Проекция плюмов:
 ● первичные (1–11) ● ясно различимые (12–20)
 ○ не всегда различимые ● не ассоциированные с горячими точками

Отклонения в соотношениях скоростей продольных и поперечных сейсмических волн

Поле зовет

Работа по организации науки занимала у Николая Леонтьевича колоссально много времени и требовала огромной энергетической отдачи, но он всегда находил время и для занятий тем, что считал в жизни очень важным. Зимой – для конференций и семинаров, летом – для экспедиций и научных экскурсий, а иногда – и для рыбалки, сбора грибов... «Поле», общение с природой были для него необходимы, восполняя энергию и давая силы для работы.

Николай Леонтьевич всю свою научную жизнь высоко ценил полевой материал, без которого невозможны сложные аналитические исследования. И что такое составление геологических карт, знал не понаслышке: после окончания Ленинградского горного института в 1957 г. он три года проработал в Алтайской геолого-съёмочной экспедиции, изучая геологию и металлогению Восточного Казахстана и Рудного Алтая, где сосредоточены значительные месторождения полиметаллических руд.

...В наших экспедициях мы обычно работали на одном месте не менее трех сезонов. В первый – делали первичную зарисовку геологической карты, отбирали образцы, а зимой обрабатывали пробы и проводили аналитические исследования. В следующий сезон более детально изучали геологические объекты, составляли геологическую карту уже на основе полученных данных, а зимой продолжали обработку материала и начинали готовить публикации. Наконец, в заключительном сезоне велись работы для уточнения геологической модели объекта, желательна с участием коллег-оппонентов. И лишь

На сейсмографическом изображении слоя D2 нижней мантии, граничащего с земным ядром Земли и лежащего на глубине 2,8 тыс. км, обозначены проекции центров современных и кайнозойских плюмов. Они позволяют судить о том, какие плюмы рождаются на границе ядро – мантия.
 По: (численная модель мантии SEMUCB-WM1, Romanovich et al., 2018), (Добрецов, 2020)

после этого мы могли делать определенные научные выводы.

Если изученный геологический объект представлял интерес для всего научного сообщества, его дополнительно исследовали с помощью самых разных аналитических методов, а затем сравнивали с аналогичными объектами по всему миру на основе геологической корреляции. У Николая Леонтьевича был дар находить такие объекты, которые в конечном итоге становились эталонными. А многочисленные международные экскурсии и экспедиции, которые он организовывал вместе с коллегами, демонстрировали всему миру успехи отечественной геологии.

Что касается наших последних экспедиций с академиком Добрецовым, то все аналитические работы проведены, настала пора публиковать результаты. И это произойдет, к сожалению, уже без него – а как бы он этому порадовался! Николай Леонтьевич очень любил этот этап, когда весь материал проанализирован и можно установить главное – возраст пород и их геодинамическую природу. Ведь только так строится качественная геологическая карта и делаются научные выводы, которые лягут в основу поиска и разведки новых месторождений полезных ископаемых.



Николай Леонтьевич Добрецов всегда с восхищением высказывался о своих учителях. Он очень много рассказывал о замечательном геологе, академике В. С. Соболеве, о своих предшественниках на посту руководителя Сибирского отделения РАН – академиков А. А. Трофимук и В. А. Коптюге, с которыми ему посчастливилось работать.

С легендарным основателем новосибирского Академгородка М. А. Лаврентьевым встречаться по работе ему не довелось, но он с удовольствием ходил на его семинары. Рассказывал, что Лаврентьев мог «спасти» даже самый скучный: начинал активно задавать вопросы, делиться собственным мнением, а порой и вовсе брал на себя роль содокладчика. И атмосфера поразительно преображалась: никто в аудитории больше не скучал и не отвлекался.

Добрецов говорил, что такие люди, как Лаврентьев, рождаются раз в сто лет и вновь появятся нескоро. Но я считаю, что здесь он ошибался: он сам был таким человеком, Лаврентьевым нашего времени.

Литература
 Добрецов Н. Л., Курдюшкин А. Г. Глубинная геодинамика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1994. 300 с.

Добрецов Н. Л. Основы тектоники и геодинамики. Новосибирск: Изд-во НГУ, 2011. 492 с.

Добрецов Н. Л. Взаимодействие тектоники плит и тектоники плюмов: вероятные модели и типичные примеры // Геология и геофизика. 2020. Т. 61(5/6). С. 617–647.