

И. А. РЕЗАНОВ

СТАНОВЛЕНИЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

Каждая наука, помимо общих методов познания, имеет свои собственные, свойственные только ей, методы исследования. Появление в какой-либо дисциплине новых методов, как правило, вызывает резкий толчок в ее развитии, способствует открытию неизвестных ранее закономерностей, возникновению новых научных направлений. Поэтому история той или иной конкретной науки это в значительной степени история становления методов исследования. Возникновение новых методов обусловлено несколькими причинами: 1) накоплением знаний; 2) успехами в других науках и использованием созданных ими методов (применение физических, химических методов при исследовании горных пород и биологических объектов); 3) новыми задачами, возникшими в той или иной конкретной науке.

Вплоть до начала XIX в. в геологии и географии практически отсутствовали специальные методы исследования. Почти все достижения в этих науках, полученные до XIX в., опирались на общие методы познания — такие, как наблюдение и сравнение. Первые собственно геологические методы — биостратиграфии и геологического картирования — появились в начале XIX в. в значительной мере случайно, благодаря исключительной наблюдательности английского землемера В. Смита. Но именно благодаря этим методам геология вступила в свою зрелую стадию.

Иначе создавались научные методы в XX в. В основном они заимствовались из других наук (физики, химии, техники) и переносились в науки о Земле, модифицируясь применительно к их условиям. Характерной чертой научных методов, применяемых в XX столетии, является их взаимодействие между собой (комплексирование), что особенно свойственно геофизическим методам.

Ниже применительно к различным историческим эпохам рассмотрена история создания и взаимодействия специальных методов.

Методы в науках о Земле с древних времен до XIX в.

Получение геологического и географического знания и его обобщение начались задолго до создания специальных методов. В распоряжении натуралиста имелись методы эмпирического исследования — наблюдение и описание. «В свое время геология, география, биология и другие отрасли знания, — писали В. С. Степин и А. Н. Елсуков, — носили ярко выраженный описательный характер. Основной смысл их открытий состоял в том, чтобы найти новый минерал, остров, вид растения или животного и подробно описать их. Именно в этот период создаются большие коллекции минералов, фиксируются отдельные виды животных, насекомых и растений, а научные труды представляют довольно толстые фолианты, в которых зачастую наряду с фактическим материалом выражались и эмоции авторов» [1, с. 103].

В древнем мире в области знаний о Земле в качестве специального метода может быть назван лишь метод картирования земной поверхности. Основы научной картографии были заложены в Древней Греции — понятие о параллелях и меридианах, определение длины земного меридиана, создание способа определения долготы и т. д. Птолемей привел в стройную систему географические и астрономические знания античности в виде карты, охватывавшей половину земной окружности. Следующий шаг в развитии метода картирования связан с построением карт-портланов, необходимых для навигации. При их создании применялся метод угловых засечек с использованием компаса (XIII в.). В XV—XVI вв. получил распространение важнейший прием картосоставления — перенесение ситуации, полученной на отдельных картах-схемах, на сводную мелкомасштабную карту [2]. Картографический метод опирается на определенные теоретические представления, предусматривает выполнение специальных технических приемов и имеет результатом законченный документ — карту.

С меньшим основанием специальным методом могут быть названы существовавшие в древнем мире и в средние века приемы диагностики минералов. Общество издревле использовало для практической деятельности минералы и горные породы. По этой причине в геологии возник метод диагностики минералов, который мы сейчас именуем минералого-петрографическим методом. С ростом числа полезных ископаемых, используемых обществом, увеличивалось количество приемов и способов диагностики как отдельных минералов, так и горных пород. Вплоть до XVII в. метод диагностики минералов был практически единственным рабочим методом в геологии.

С XVI в. картографирование земной поверхности широко распространяется в Европе. Разработан метод триангуляции — особый способ картирования и определения расстояний между объектами. Появляются геодезические приборы, являющиеся прототипом теодолита, мензулы и кипрегеля, составляются атласы карт, разрабатываются логарифмические таблицы для обработки результатов геодезических измерений и т. д. В XVI в. Агриколой сделан крупный шаг в развитии метода диагностики минералов. В предложенной им классификации новым было деление «минеральных тел» на горные породы и «подземные неживые тела». Среди последних он выделял простые, составные и смешанные. Агрикола разработал методы пробирного анализа сплавов, методы обогащения руд, поисков и разведки рудных месторождений и т. д. С его именем связано создание метода измерений в рудниках. Маркшейдерские задачи решались им методом треугольников. Он разработал способы определения расстояния от места закладки штольни до встречи шахтного ствола; измерений при различных углах наклона ствола и т. д.

Накопление знаний об условиях залегания слоев горных пород и потребность в расшифровке складчатой структуры привели в XVII в. к возникновению зачатков другого важнейшего метода в геологии — структурного. Его возникновение связывают с именем датского ученого Н. Стено. Опираясь на наблюдения во время экскурсий в окрестности Флоренции, Стено установил, что слои образуются путем осаждения горных пород в водной среде. Он сформулировал четыре принципа, которые следует рассматривать как основные положения структурной геологии: 1) данный слой представляет бесконечную непрерывность, так что его можно проследить на большом расстоянии; 2) данный слой отлагался в горизонтальном положении; если он наклонен, следовательно, произошло его нарушение; 3) если данный слой отложился горизонтально на другом слое, наклонном, это значит, что нарушение этого последнего произошло задолго до образования первого; 4) горы не вечны, они постепенно разрушаются. Оценивая роль Стено в науках о Земле, В. П. Высоцкий писал: «Наибольший интерес представляет методологическая сторона его работы. Особенно подчеркнем положения о слоеобразовании, впервые сформулированные в виде законов. Можно признать, что Стено принадлежат зародыши стратиграфического, тектонического и кристаллографического методов» [3, с. 47].

В течение XVII в. шла разработка двух важнейших метеорологических приборов — термометра и барометра. К началу XVIII в. приборы эти были созданы. География и метеорология получили метод изучения атмосферных процессов.

Вторая половина XVIII в. была временем, когда, по мнению ряда исследователей, геология выделилась в самостоятельную науку [4, 5]. Это произошло благодаря появлению важнейшего специального геологического метода — геологического картирования. Во второй половине XVIII в. стали появляться «геогностические» карты. В Саксонии такие карты составлены в 1775 г. А. Готлибом и С. Глазером. В 1762 г. Г. Х. Фиксель выполнил карту Тюрингских гор, на которую нанес контуры различных осадочных напластований. Еще раньше Ж. Э. Геттар составил карту распространения различных пород и руд Парижского бассейна, а Н. Демаре в 60—70-х гг. — первые карты древней вулканической области Французского массива. В России Д. Лебедев и М. Иванов, проводя геологическую съемку, составили карту Нерчинского горного округа (Забайкалье, 1789—1794). На ней выделялись гранит, известковый камень, горнштейн (известковистые породы), шифер (сланцы всех видов), песчаный камень, траппы (эффузивные образования) и др. Дополнительными знаками отмечены медные и

серебро-свинцовые рудники, ключи, соленые озера. Карты аналогичного содержания в 1798 г. составлены для окрестностей озера Байкал, реки Селенги и нижнего течения Ангары, а также для верхнего течения Енисея.

Сформировалось и получило распространение в горнорудных областях картирование горных пород по их минеральному составу, что мы называем теперь петрографическим картированием. Его возникновение определялось: 1) возросшими знаниями о горных породах; 2) практическими нуждами — поисками новых месторождений.

В конце XVII — XVIII вв. появились простейшие приборы для изучения минералов — микроскопы Гука и Левенгука, термометр Реомюра, паяльная трубка Кронстедта и Бергмана и, наконец, единственный собственно кристаллографический инструмент — прикладной гониометр Каранжо. Приведенный перечень скуден и незамысловат. Тем более достойны удивления и восхищения те достижения, которые были получены с их помощью исследователями прошлого.

Научные методы геологии и геофизики в XIX в.

Крупнейшим событием в становлении методов в геологических науках была разработка биостратиграфии в 10—30-е гг. XIX в. В 1799 г. появились в рукописном виде составленные В. Смитом таблицы последовательности слоев с заключенной в них ископаемой фауной и геологическая карта окрестностей г. Бата (Англия), построенная с учетом возраста слоев. Метод биостратиграфического расчленения осадочного разреза и метод нанесения его на карту возникли одновременно. Исследования В. Смита были дополнены во Франции Ж. Кювье и Ал. Броньяром, а затем и многими другими европейскими геологами. К 30-м гг. XIX в., т. е. за двадцать с небольшим лет, была создана стратиграфическая шкала фанерозоя, в основу которой было положено определение возраста пород по фауне. Методы биостратиграфии и геологического картирования получили признание. Определением возраста осадочных слоев и их картированием занялись многие геологи, что стимулировало развитие геологии.

Обратим внимание, что возникновение этих двух геологических методов не было связано с постановкой научной задачи или с заимствованием методики из другой науки. Методы (причем важнейшие для геологии) возникли практически случайно, лишь благодаря тому, что нашлись наблюдательные люди, которые сумели заметить, что от слоя к слою строение заключенных в них ископаемых раковин изменяется.

В XIX в. ведущими были также минералого-петрографические методы, предназначенные для диагностики минералов и горных пород. В них входят методы изучения кристаллов. «Успехи кристаллографии в первой половине XIX в. неразрывно связаны с развитием гониометрии», — писал И. И. Шафрановский [6, с. 9]. Первый отражательный гониометр — прибор для определения углов между гранями кристаллов — был сконструирован У. Х. Волластоном в 1809 г. В 1819 г. Э. Митчерлих создает окружный отражательный гониометр. В 1889 г. Е. С. Федоров сконструировал двухкружный гониометр, усовершенствованный В. М. Гольдшмидтом. Внедрение в 70-е гг. XIX в. поляризационного микроскопа вызвало революцию в петрографии, привело к открытию огромного числа ранее неизвестных горных пород, позволило устанавливать последовательность минералообразования и решать ряд других проблем петрографии и минералогии.

В начале XIX в. были сделаны первые попытки воспроизвести на моделях геологический процесс. В 1848 г. И. Ф. Гаусман доложил о возникновении минералов и пород в доменном процессе. Еще раньше, в 1848 г., К. Г. Бишоф опубликовал результаты опытов по контракции (стяжению) расплавленных масс при затвердевании, в том числе и горных пород. Неоднократно делались попытки воссоздать структуру складчатой области в результате сжатия податливой слоистой среды между двумя твердыми штампами. Этим доказывался механизм контракции — ведущей гипотезы XIX столетия. В 1882 г. вышла в свет книга Ф. Фуко и О. Мишель-Леви «Синтез минералов и горных пород», в которой была доказана возможность получения породообразующих минералов и горных пород путем так называемого сухого плавления и показано, что

кристаллизация эффузивных пород происходит без помощи минерализаторов путем непосредственной кристаллизации расплавленной магмы.

XIX в. был временем зарождения некоторых геофизических методов и прежде всего гравиметрии и геомагнетизма. Создавались физические обсерватории, проводились измерения в полевых условиях, составлялись магнитные карты. В XIX в. широко применялись разработанные ранее, но непрерывно совершенствовавшиеся методы геодезии и метеорологии.

Взаимодействие методов в науках о Земле в XX в.

Конец XIX и начало XX столетий было временем, когда в науках о Земле возникло большинство применяемых сейчас рабочих методов, основанных на принципах физики, химии и технических наук. Это определялось двумя причинами: 1) возросшим материальным производством общества; 2) революцией в физике и в связанных с ней технических науках.

Общее число возникших в начале XX столетия специальных методов, используемых в науках о Земле, огромно. Не претендуя на их полное освещение, назовем лишь наиболее важные их группы:

- методы региональной геофизики, предназначенные для расшифровки глубинного строения отдельных регионов и земной коры в целом;
- методы скважинной геофизики для поисков полезных ископаемых;
- физические и геохимические методы геохронологии;
- методы расшифровки структуры и химического состава породы и минералов;
- методы изучения современных геологических процессов, в том числе методы прогноза землетрясений;
- методы моделирования геологических, географических, метеорологических явлений.

Главная особенность взаимодействия методов в науках о Земле, особенно характерная для второй половины XX в., — взаимодействие осуществлялось внутри группы методов, решающих одну общую задачу.

Взаимодействие методов внутри дисциплины. Примером «взаимопомощи» методов внутри одной науки (физики Земли) является соединение гравиметрического и сейсмического методов при изучении строения Земли как физического тела. Гравиметрический метод возник раньше сейсмического. Гравиметрия ставила проблемы, а развившаяся позже сейсмология уточняла и развивала идеи, высказанные гравиметрией в виде гипотез. Гравиметрия указала на существование плотного ядра, а сейсмология это подтвердила и определила его размеры и некоторые свойства. Гравиметрия выдвинула проблемы изостазии (кора плавает на более плотном субстрате, подчиняясь закону Архимеда). Сейсмология определила толщину коры, дала материал для суждения о плотности коры и мантии, показала, на каком уровне и каким путем осуществляется механизм изостазии. Гравиметрия выдвинула представление об астеносфере — слое, обладающем пониженной вязкостью. Сейсмология подтвердила существование такого слоя. Гравиметрия указала на возможность разного строения коры океанов и континентов, а сейсмология это подтвердила.

Другие геофизические методы (магнитный и электрический) позволили конкретизировать знания о глубинах Земли. Магнитный метод подтвердил существование у Земли ядра и выявил наличие своеобразного магнитного динамо, создающего вокруг себя постоянное магнитное поле. Метод электромагнитного зондирования в комплексе с сейсмическим методом позволил получать более полное представление об астеносферных слоях, поскольку они фиксируются аномалиями по обоим методам.

Комплексирование геофизических методов при решении геологических задач. Социально-технический прогресс общества требовал резкого увеличения добычи полезных ископаемых, и прежде всего нефти. Поставленная перед геологией задача интенсивного поиска нефтяных и газовых месторождений явилась одной из главных причин разработки геофизических методов разведки и их комплексирования. Четыре ве-

дущих геофизических метода (гравиметрический, сейсмический, магнитный и электрический) успешно применяются и при изучении верхних горизонтов коры, для поисков перспективных на нефть структур. Определяющими являются два фактора — стоимость метода и его эффективность. Сначала используются менее дорогие методы, дающие общую характеристику объекта исследования (аэромагнитный и гравиметрический), а затем перспективные структуры исследуются сейсмическим и электрическим методами. В дополнение к названным в последние два десятилетия добавились новые методы — геохимические. Так, при поисках нефти и газа используются газовая съемка, гидрохимические и даже биохимические методы, предназначенные для фиксации участков с повышенным содержанием углеводородов. Другими словами, исторически в разведочной геофизике последовательно увеличивалось число методов с целью получения более полной информации о содержании полезного ископаемого (нефти, газа).

Для последних двух десятилетий характерно стремление к созданию методов прямых поисков нефтегазовых месторождений. С их помощью ученые надеются исключить или резко сократить объем дорогостоящего разведочного бурения и тем ускорить и удешевить разведку месторождений.

В послевоенные годы сформировался комплекс методов исследования ствола разведочных скважин. Первоначально (40—50-е гг.) применялись преимущественно электрические методы с целью определения электрического сопротивления пород. Затем (в 50—60-е гг.) стали внедряться методы ядерной геофизики, позволяющие изучать некоторые поглощающие свойства и другие ядерно-физические характеристики пород, в том числе их естественную радиоактивность. Это позволило определять такие параметры разреза, как плотность и водосодержание, оценивать количественное содержание радиоактивных элементов (урана, тория, калия) и т.д. В 60—70-е гг. были внедрены сейсмические методы исследования скважин (сейсмоакустический каротаж, метод вертикального сейсмического профилирования и др.), что позволило расширить существующие представления о распределении скорости звука в коре.

Взаимодействие методов по условиям их применения. Хотя методы чаще группируются для решения какой-либо общей задачи, иногда возникают обстоятельства, вынуждающие объединять методы, решающие различные задачи. Такие объединения начали создаваться в связи с применением для научных целей авиации, морских судов, но наибольшее распространение получили при использовании спутников Земли и орбитальных космических станций.

Такая форма «содружества» научных методов, основанная на их совместном использовании, привела к образованию специальных научных учреждений, а по мнению некоторых ученых, и комплексных научных дисциплин. Наиболее наглядный пример — изучение океанов. Еще в предвоенные и военные годы большинство судов было оборудовано эхолотами, способными надежно определять изменение глубин по курсу корабля. С начала 50-х гг. большинство кораблей, используемых для научных целей, снабжалось магнитомерами, измерявшими величину магнитного поля Земли. На кораблях устанавливались также датчики по измерению температуры, солености воды. С 70-х гг. ставились приборы для сейсмического просвечивания осадочного слоя под дном океана. Большинство научно-исследовательских судов, используемых в научных экспедициях — многоцелевые суда, предназначенные для проведения геологических, геофизических, гидрологических, атмосферных, биологических и иных исследований. По мере развития средств исследования такие суда оснащаются все большим набором аппаратуры различного назначения. В итоге на корабле, — который служит общим для всех *средством* исследовательских работ, — происходит объединение ученых разных специальностей, и результатом такого объединения, по мнению некоторых авторов, стало возникновение новой комплексной науки — океанологии. Так, А. С. Монин считает, что «современная океанология — это наука о физических, химических, геологических и биологических процессах в Мировом океане. Исследования этих процессов объединяются вследствие единства среды, в которой они происходят, многообразных взаимодействий между ними, единого методологического подхода к их изуче-

нию — исследования трансформации и обмена энергии и вещества в океане и, наконец, единства главных технических средств исследования — научно-исследовательских судов» [7, с. 5].

Другой пример взаимодействия методов на основе общего средства передвижения — это космические исследования. Использование спутников и орбитальных космических станций для дистанционного изучения планеты привело к тому, что на них стали размещать все большее число приборов разного назначения (фотографирование поверхности Земли, изучение радиоактивного, теплового, гравитационного и магнитного полей Земли, широкий круг метеорологических наблюдений, исследование магнитосферы Земли, изучение солнечно-земных связей и т. д.). Практически все науки о Земле связывают свое успешное развитие в будущем с использованием информации, получаемой с помощью космических аппаратов. Объединение разнообразных исследований на космических спутниках и орбитальных станциях привело к созданию в нашей стране Института космических исследований (ИКИ).

Намечается еще одно перспективное объединение методов по условиям их применения — создание многоцелевых биосферно-геофизических полигонов (заповедников). Изучение различных природных комплексов возможно лишь в пределах заповедных территорий, где не сказывается влияние технического загрязнения. Но загрязнение, прежде всего шумовое (вибрация), а также электромагнитное, служит серьезным препятствием и для геофизических наблюдений. Вследствие этого заповедные территории — это благоприятные области не только для изучения взаимосвязей живой и неживой природы, но и для проведения высокоточных стационарных геофизических измерений — вариаций постоянного и переменного магнитных полей Земли, изучения микросейсм и других физических процессов, происходящих в недрах Земли и в атмосфере.

Метод как способ взаимодействия дисциплин. Научный метод — это не только путь к получению знания внутри какой-либо дисциплины, но и способ объединения знания разных дисциплин. В качестве наиболее яркого примера назовем метод балансов, разработанный и применяемый в физической географии. Метод пригодно-расходного баланса вещества и энергии предложен в 1930 г. А. А. Григорьевым [8], который считал обмен веществом и энергией основной движущей силой в процессе развития географической оболочки. Применение метода баланса представлялось А. А. Григорьеву наиболее успешным при изучении миграции химических соединений в ландшафтных комплексах. Он писал: «Изучив химическую структуру современных типов физико-географической среды, мы можем подсчитать величину продукции важнейших соединений Земли в целом, а равно и наметить пути возможных (при вмешательстве человека) изменений этой продукции» [8, с. 1235]. Метод балансов начал разрабатываться в 60-х гг., а широкое применение он получил в 70-е гг.

Метод балансов можно применять, опираясь на данные одной дисциплины или используя фактический материал, собранный разными науками. В первом случае — это, например, баланс круговорота воды при ее испарении и выпадении в виде осадков или баланс органического вещества в листопадном лесу. Однако наиболее интересные результаты метод балансов дает при использовании данных разных наук. Например, годовой баланс лучистой и тепловой энергии для системы Земля—атмосфера, где учитываются как глубинный тепловой поток, другие источники внутренней энергии планеты, так и такой мощный теплоноситель, как океан, а также солнечная радиация. В составлении этого баланса участвуют геотермика, вулканология, гидрология, физика океана, физика атмосферы. Радиационный тепловой баланс леса — это взаимодействие физики атмосферы и биологии (ботаники и почвоведения). В данном случае учитывается преобразование радиационной энергии в химическую (фотосинтез), испарение воды растительностью, энергия окисления в почвенных процессах и многое другое.

Самостоятельную область представляют балансы химических элементов в ландшафтной сфере. В качестве примера назовем баланс углерода на Земле, где используются данные десятка наук (вулканологии, литологии, зоологии, ботаники, почвоведения, химии океана, технологии, биохимии и др.).

Балансовый метод будет играть огромную роль при анализе техногенных воздействий на природу и при прогнозировании экологической обстановки на будущее.

В статье затронуты далеко не все используемые в науках о Земле комплексы методов. Но и приведенных примеров достаточно, чтобы увидеть, что решение большинства глобальных проблем возможно лишь на основе сложного взаимодействия различных физических, химических и иных методов, которые явно превалируют по отношению к собственно геологическим методам исследования.

* * *

Подведем итоги. Окидывая взглядом историю становления методов с древнейших времен вплоть до начала текущего столетия, поражаешься, насколько слабо были разработаны тогда методы научных исследований. Большинство достижений в науках о Земле сделано не на основе специальных методов, а благодаря наблюдательности и прозорливости отдельных выдающихся ученых. С давних времен до эпохи Возрождения единственным специальным методом в науках о Земле был метод картографии. С некоторой натяжкой можно добавить к нему метод диагностики минералов.

XVIII и XIX вв. были временем, когда начали появляться некоторые специальные (рабочие) методы. Процесс этот шел медленно, и созданные инструменты и приборы были, как правило, несовершенными.

В XIX в. сформировалось ограниченное число специальных научных методов. В их числе биостратиграфический, геологического картирования (структурно-геологический), исследования шлифов пород поляризационным микроскопом. Значение их в развитии геологии огромно. Эти методы, и прежде всего первые два, привели к становлению современной геологии как науки.

Взаимодействие методов проявилось во вторую половину XIX столетия в совместном использовании биостратиграфии и структурно-геологического методов. Оба они слагали комплекс приемов, необходимый при геологическом картировании, широко распространявшимся с последней четверти XIX в. Из геофизических методов в XIX в. существенные результаты принес лишь графиметрический — на его основе возникла идея изостазии. Однако этот метод в XIX в. развивался изолированно, не взаимодействуя с геологическими методами.

На рубеже XIX и XX столетий началось развитие геофизических, а с середины столетия и геохимических методов. Первая половина текущего столетия — это создание, внедрение и совершенствование таких методов, как гравиметрический, сейсмический, магнитный, электрический. Их принципы были использованы для решения различных задач: 1) глобальных; 2) региональных (разведочных); 3) для изучения разреза скважин. Соответственно возникло несколько комплексов взаимодействия этих методов.

В истории наук о Земле намечаются два рубежа возникновения ведущих методов исследования — начало XIX и начало XX столетий. В начале XIX в. появились методы, определившие возникновение исторического направления в геологии, ставшие основой развития всех геологических наук XIX столетия — биостратиграфический и метод геологического картирования. Столетие спустя, на рубеже XIX и XX вв. возникла группа геофизических методов, давших толчок всестороннему изучению физических полей Земли и ее оболочечного строения.

Появление ведущих методов исследования в начале XIX и в начале XX вв. стимулировало развитие геологических наук и спустя примерно 30—50 лет приводило к революции в этих науках. Так, первая научная революция в геологии, выразившаяся в создании общего сравнительно-исторического метода исследования и в утверждении исторического взгляда в геологии, произошла в 50-е гг. XIX в., т. е. спустя 30—50 лет после создания биостратиграфического метода. Второе крупное событие, выразившееся в утверждении геофизической парадигмы, произошло в середине XX в., т. е. 30—50 лет спустя после возникновения большинства геофизических методов исследования. Таким образом, намечается следующая последовательность: 1) возникновение ведущего метода; 2) его внедрение и накопление с его помощью нового знания; 3) формулирование новой обобщающей концепции (парадигмы). В этой последовательности не

названа постановка задачи научного исследования. Она существует в скрытом виде — внедрение нового метода активно происходит лишь в том случае, если общество поставило задачу. Однако история показывает, что ряд специальных методов возник до того, как была поставлена задача исследовать ту или иную новую сторону объекта (методы биостратиграфии, палеомагнитный и др.).

В процессе развития науки время на становление и внедрение нового метода сокращается. Разработка метода картирования земной поверхности длилась более 1000 лет; создание метода биостратиграфии — около 50 лет; большинство геофизических методов, разработанных в текущем столетии создавалось за 10—20 лет. Сокращение сроков создания рабочих методов — это одна из форм ускорения научного прогресса общества.

Появление новых методов исследования или создание новых комплексов методов — главная причина дифференциации, а затем и интеграции науки. Появление методов в значительной степени диктует эволюцию структуры науки. Метод — это инструмент, с помощью которого гипотеза превращается в научный закон.

Прогресс любой естественной науки определяется возникновением и совершенствованием новых методов. Однако мало обращалось внимания на возможные отрицательные для прогресса явления, вызванные внедрением недостаточно проверенных методов. В тех случаях, когда нет надлежащего контроля другими способами, внедрение некорректного метода может привести к возникновению ложных показаний, а следовательно, и к замедлению научного прогресса.

Развитие методов в науках о Земле определялось состоянием физики, химии и техники. Науки о Земле в XX в. выступали прежде всего как потребители достижений научно-технической революции: без этого они не могли бы развиваться — в отличие от XIX в., когда геологические науки развивались благодаря взаимодействию своих собственных методов.

Вторая половина текущего столетия принесла новые формы взаимодействия методов, резко расширившие как возможности их применения, так и информативность. Суть этой новой ступени взаимодействия — широкое комплексирование методов разных наук и разного назначения. Намечились две формы такого комплексирования: а) создание комплексных (геофизических, физико-географических, биосферных) полигонов для изучения широкого спектра проблем и разработки новых методов и б) использование кораблей и космических аппаратов для многосторонних дистанционных исследований. Развитие новых форм взаимодействия специальных методов — это путь к научно-технической революции в науках о Земле, которые отстали в этом отношении от других фундаментальных наук и от техники. Огромные пространства планеты и сейчас остаются еще слабо исследованными, ибо внедряемые методы несовершенны, дороги и малоэффективны. Но опыт последних десятилетий показывает, что наступил определенный перелом в вооружении геологии и физической географии новыми комплексами методов, и через короткий промежуток времени в наших знаниях о строении Земли и процессах как на глубине, так и на ее поверхности наступит коренной перелом. Произойдет этот перелом в первую очередь благодаря взаимодействию широкой группы специальных рабочих методов.

Список литературы

1. Стетин В. С., Елсуков А. Н. Методы научного познания. Минск, 1974.
2. Постников А. В. Развитие картографии и вопросы использования старых карт. М., 1985.
3. Высоцкий В. П. Проблемы истории и методологии геологических наук. М., 1977.
4. Тихомиров В. В., Хаин В. Е. Краткий очерк истории геологии. М., 1956.
5. Гунтау М. Возникновение геологии как науки. // История идей и методов в геологии. М., 1986.
6. Шафрановский И. И. История кристаллографии. С древнейших времен до начала XIX столетия. Л., 1979.
7. Геология океана: геологическая история океана / Ред. А. С. Монин. М., 1980.
8. Григорьев А. А. Опыт аналитической характеристики состава и строения физико-географической оболочки земного шара. М.-Л., 1937.