



ГЕОЛО́ГИЯ

Авторы: А. Г. Рябухин

ГЕОЛО́ГИЯ (от [гео...](#) и [...логия](#)), комплекс наук, исследующих состав, строение, происхождение и историю развития земной коры и Земли в целом, процессы, в них происходящие, закономерности образования и размещения полезных ископаемых, антропогенное воздействие на литосферу и её взаимодействие с биосферой. Термин «Г.» введён итал. натуралистом У. Альдрованди в 1603 для обозначения одного из царств природы (два других – зоология и ботаника) и означал «земная наука» в противоположность термину «теология», но в 17 – 1-й пол. 18 вв. наиболее употребительными были термины «минералогия» и «ориктогнозия», во 2-й пол. 18 в. и до сер. 19 в. – «геогнозия» (в России термин употреблялся до 1920-х гг.).



Титульный лист 2-го издания книги Н. Стено «О твёрдом, естественно содержащемся в твёрдом». 1679.

Объект исследования – Земля состоит из фрагментов разного ранга: земных оболочек, литосферных плит, структур, горных пород, минералов и др., каждый из которых сам по себе или во взаимосвязи является самостоятельным объектом изучения. В рамках Г. выделяются следующие науки: [минералогия](#), [петрология](#), [литология](#), [геотектоника](#), [вулканология](#), [геология полезных ископаемых](#), [историческая геология](#), [геохронология](#), [стратиграфия](#), [региональная геология](#), [морская геология](#), [гидрогеология](#), [инженерная геология](#), [геокриология](#), экологическая геология и др. Г. широко использует данные и методы др. наук (физики, химии, астрономии, биологии, географии), благодаря чему выделяют пограничные науки – [геофизику](#) (в ней к Г. часто относят [физику Земли](#)), [тектонофизику](#), [геодинамику](#), [геохимию](#), [геоморфологию](#), [палеонтологию](#), [геоинформатику](#), сравнительную планетологию, космическую геологию и др.

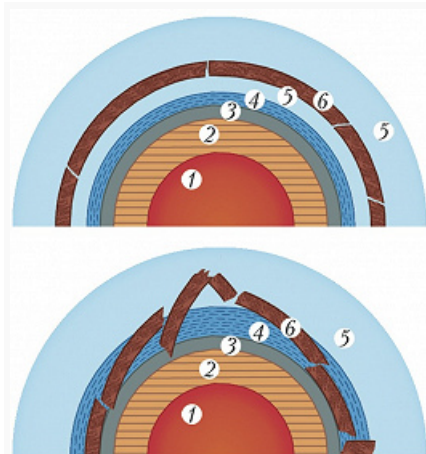
Объекты исследования Г. не всегда доступны непосредственному изучению, и о них можно судить часто лишь по косвенным признакам, результатам их проявления на поверхности, данным [дистанционных методов](#), теоретич. построениям. Земная кора и самая верхняя часть мантии доступны изучению собственно геологич. методами, которые включают осмотр и опробование горных пород, выходящих на поверхность Земли, их извлечение из глубины с помощью горных выработок, параметрич. и разведочных буровых скважин. Осн. метод региональных геологич. исследований – геологич. картирование с использованием аэро- и космич. изображений разл. модификаций, а также комплекса геофизич. и геохимич. данных. [Геологические карты](#) служат основой для составления тектонич. и прогнозных карт, для поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, оценки региональных инженерно-геологич. и экологич. условий. Один из важнейших геологич. методов, используемых при восстановлении палеогеографич. и палеотектонич. обстановок формирования земной коры прошлого, – [актуалистический метод](#). Для изучения стратиграфич. последовательности отложений и их геологич. возраста используются данные палеонтологии, [сейсмостратиграфии](#), [магнитостратиграфии](#), климатостратиграфии и

изотопной геохронологии. Определённой спецификой отличается геологич. изучение ложа Мирового ок., его окраинных и внутренних морей, поскольку объект отделён толщей воды. Исследования ведутся со спец. н.-и. судов, оборудованных геофизич. аппаратурой, геохимич. приборами, фото- и киноаппаратурой, используются также подводные аппараты (в т. ч. обитаемые), данные морского бурения. В теоретич. и практич. исследованиях в геологич. науках большую роль играют методы физич., математич. и компьютерного моделирования, применение компьютерных технологий (Географич. информационных систем – ГИС) для оперативного комплексного целевого использования банка данных об изучаемом геологич. объекте.

Исторический очерк

В истории Г. выделяют два крупнейших этапа – донаучный, который охватывает широкий хронологич. диапазон от начала развития цивилизации до сер. 18 в., и науч. этап становления и развития Г., начавшийся в 19 в. Переход от одного этапа к другому не был мгновенным и приходился на 2-ю пол. 18 в. Для донаучного этапа Г. характерны накопление исходного фактич. материала, разработка элементарных приёмов геологич. наблюдений. В античные времена были высказаны идеи об изменении лика Земли ([Аристотель](#), [Страбон](#)), сделаны предположения о морском происхождении ископаемых раковин ([Ксенофан](#)), предложена гелиоцентрич. модель строения Солнечной системы. После некоторого перерыва, приходящегося на средние века, когда наука развивалась лишь на араб. Востоке ([Бируни](#), [Ибн Сина](#) и др.), её поступательный ход возобновился в эпоху Возрождения ([Агрикола](#), [Леонардо да Винчи](#) и др.). Труды естествоиспытателей 2-й пол. 17 в. – 1-й пол. 18 в., содержащие как конкретные выводы о слоистой оболочке земной коры, о заключённых в ней окаменелостях, причинах наклонного залегания слоёв (Н. [Стено](#)), о землетрясениях и вулканич. деятельности (Р. [Гук](#), итал. учёный А. Л. Моро), так и общие представления о строении и развитии Земли (Р. [Декарт](#), Г. В. [Лейбниц](#)), приблизили наступление эпохи создания основ науч. геологии, приходящейся на 2-ю пол. 18 в. Во время переходного этапа (2-я пол. 18 в.) геологич. знания, базирующиеся на развитии горного дела, географич. открытиях, начали приобретать более целенаправленный характер. В сер. 18 в. появились космогонич. гипотезы, в которых были сделаны попытки создания науч. модели становления Солнечной системы (Ж. де [Бюффон](#), П. [Лаплас](#)).

Геология в кон. 18 – 1-й пол. 19 вв



Модель эволюции Земли и образования гор при обрушении внешней коры на внутреннюю (по

Как самостоятельная наука Г. оформилась в кон. 18 – нач. 19 вв., когда были систематизированы разрозненные геологические сведения. А. Г. [Вернером](#) разработана классификация внешних диагностич. признаков минералов, исследовались рудные полезные ископаемые. Предложенные им система стратиграфич. последовательности слоёв и общая схема формирования горных стран, опиравшаяся на идеи [нептунизма](#), долгое время пользовались широким признанием. Гл. оппонентом идей Вернера стал лидер плутонистов (см. [Плутонизм](#)) Дж. [Геттон](#), который отстаивал идеи о решающей роли внутренней энергии в формировании лика Земли. Дискуссия нептунистов и плутонистов, корни которой уходят в античные времена, продолжалась и в нач. 19 в.

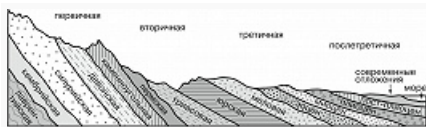
1-я пол. 19 в. ознаменовалась появлением биостратиграфич. метода,

Р. Декарту, 1644): 1 – огненное ядро; 2 – солнечная (звёздная) материя; 3 – внутренняя кора (возм...

предложенного У. [Смитом](#). К 1840-м гг. были выделены почти все системы фанерозоя, а несколько позже и большинство ярусов. Геологич. картирование стало осн. методом исследований. В качестве самостоят. дисциплин выделились палеонтология и стратиграфия. В нач. 19 в. К. Л. фон [Бух](#) предложил первую науч. [тектоническую гипотезу](#) «кратеров

поднятия», в основу которой была положена ведущая роль вулканизма в образовании горных сооружений. Эта гипотеза была подтверждена широкомасштабными геологич. исследованиями А. [Гумбольдта](#) и воспринята большинством науч. сообщества. Данные по химич. составу и установление осн. законов строения кристаллич. формы минералов позволили к сер. 19 в. создать химич. классификацию минералов, которая на протяжении долгого времени оставалась основой минералогии (Й. [Берцелиус](#), Э. [Митчерлих](#), В. М. [Севергин](#), Р. Ж. [Гаюи](#), О. [Браве](#), Х. С. [Вейс](#), К. Ф. Х. [Моос](#), нем. учёный А. Брейтгаупт). Среди естествоиспытателей при объяснении геологич. процессов были чрезвычайно популярны идеи [катастрофизма](#) (Ж. [Кювье](#)). В 1830–33 Ч. [Лайель](#) опубликовал трёхтомную кн. «Основы геологии, являющиеся попыткой объяснить прошлые изменения поверхности Земли путём соотношения с причинами, ныне действующими». В своей основе труд Лайеля был направлен против катастрофизма во взглядах на развитие Земли Кювье, но понадобилось ок. 20 лет, чтобы эволюционные идеи Лайеля восторжествовали. В этот период геологич. исследования приобрели большие масштабы и более организованный характер. В нач. 19 в. были основаны Лондонское геологич. об-во (1807), Минералогич. об-во России (1817), Франц. геологич. об-во (1830). К сер. 19 в. подобные общества уже существовали во мн. европ. странах. Г. выделилась в самостоят. науч. дисциплину естествознания, появилась профессия геолога.

Геология во 2-й пол. 19 в



Последовательность напластования осадочных формаций, выделенных в Европе нач. 19 в. (по Ч. Лайелю, 1830–33).

Этот период, получивший в литературе назв. «классический», характеризуется торжеством эволюционных идей Ч. Лайеля и Ч. [Дарвина](#). Катастрофизм рассматривался в качестве своеобразного зигзага в развитии науки, надолго задержавшего становление Г. На смену гипотезе «кратеров поднятия» пришла гипотеза контракции, предложенная Ж. [Эли де Бомоном](#) и подтверждённая фундам. региональными исследованиями Э. [Зюсса](#), который обосновал и развил положения гипотезы контракции на огромном фактич. материале по всем континентам. Механизм

латерального сжатия получил широкое одобрение и был успешно использован геологами при расшифровке покровного строения складчатых областей (А. [Гейм](#), М. А. [Бертран](#), П. М. [Термье](#), Э. [Ог](#), швейц. учёный М. Люжон и др.). В 1850–70-х гг. Дж. [Холлом](#) и Дж. [Дана](#) было сформулировано учение о [геосинклиналях](#), которое благодаря работам Ога, Ф. Ю. [Левинсона-Лессинга](#) получило распространение в Европе. Одновременно начало формироваться представление о платформах (Э. Зюсс, Э. Ог, нем. исследователь Г. А. Траутшольд, рос. геологи Г. П. [Гельмерсен](#), А. П. [Карпинский](#), А. П. [Павлов](#) и С. Н. Никитин, польск. геолог Ю. [Лукашевич](#) и др.).

Определяющее значение для изучения регионального геологич. строения России имели исследования Сибири (И. Д. [Черский](#), А. Л. [Чекановский](#), В. А. [Обручев](#)), Урала (А. П. Карпинский, А. А. [Штукенберг](#)), Средней Азии (И. В. [Мушкетов](#), Г. Д. [Романовский](#)), Тимана и Новой Земли (Ф. Н. [Чернышёв](#) и др.). В этот период в ходе развития классич. направлений Г. наметилась тенденция интеграции геологич. наук. На стыке историч. Г. и географии оформилась новая науч. дисциплина [палеогеография](#) (А. [Гресли](#), Н. А. [Головкинский](#), А. А.

[Иностранцев](#), Й. [Вальтер](#), М. [Неймайр](#), А. П. Карпинский, Ч. [Шухерт](#) и др.). На базе палеогеографич. построений появились палеоклиматич. работы (Ч. Лайель, англ. учёный Дж. Кролль, Дж. Дана, Ю. Лукашевич и др.). Оформились геоморфология (У. [Дейвис](#), А. и В. [Пенк](#), В. В. [Докучаев](#), И. В. Мушкетов, А. П. Павлов и др.) и гидрогеология (Ч. Лайель, Э. Зюсс, франц. учёные Г. Добре и А. Дарси, чеш. геолог Ф. Пошепни, С. Н. Никитин, И. В. Мушкетов, А. П. Павлов и др.). В кон. 19 в. были сформулированы осн. концепции рудообразования (Ж. Эли де Бомон, нем. учёные Б. Кота и Ф. Зандбергер, амер. геолог Ч. Р. Ван Хайз, Ф. Пошепни, франц. геологи Л. де Лоне и Ж. ле Конт и др.). Нефть стали рассматривать как полезное ископаемое, были высказаны первые предположения о её происхождении и закономерностях скопления (И. Уайт, США; Г. Гефер, Австрия; Т. Хант, Канада; Г. Потонье, Германия; Д. И. Менделеев, Г. В. Абих, Д. И. Михайловский и др., Россия). Методика изготовления прозрачных шлифов, предложенная Г. К. [Сорби](#), и применение поляризационного микроскопа положили начало оптич. петрографии (Ф. [Циркель](#), К. Г. [Розенбуш](#), О. [Мишель-Леви](#), франц. учёный Ф. Фуке, рос. геологи Г. В. Абих, А. А. Иностранцев, А. П. Карпинский, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, Е. С. Фёдоров и др.). Параллельно стало развиваться физико-химич. направление петрографии (франц. исследователь Ж. Дюраше, Р. [Бунзен](#), Дж. [Гиббс](#), рос. геологи Ф. Ю. Левинсон-Лессинг и А. Е. Лагорио и др.). В минералогии быстрыми темпами развивалось кристаллографич. направление, наметился переход от химич. к кристаллохимич. направлению (Е. С. Фёдоров, В. М. [Гольдшмидт](#), нем. учёные П. Г. Грот и А. Шёнфлис), [кристаллография](#) выделилась в качестве самостоят. дисциплины из минералогии. Для изучения глубинного строения Земли предложено использовать сейсмич. волны (Б.Б. [Голицын](#), нем. геофизики И. Э. Вихерт и Э. Ребер-Павшиц, англ. учёный Дж. Милл), стали разрабатываться методики использования данных гравиметрии (Дж. Г. [Стокс](#), англ. геофизики Дж. Б. Эри и Дж. Пратт, К. Деттон, США) и магнитометрии (К. [Гаусс](#), А. Гумбольдт, англ. астроном и физик Р. Таллен, рос. учёный Э. Е. Лейст).

Геология в 20 в

1-я пол. 20 в. вплоть до 1960-х гг. – период развития Г., получивший в литературе назв. «критического», стал переломным этапом в естествознании в целом. Успехи познания физики микромира, открытие рентгеновского излучения, естественной радиоактивности не могли не сказаться на развитии Г. Изменились представления и о возникновении Солнечной системы. Были подорваны астрономич., физич. и геологич. основы гипотезы контракции. В поисках механизма тектогенеза учёные шли разными путями. Выдвигались гипотезы, в которых осн. роль отводилась горизонтальным движениям, – [мобилизм](#) (австр. геофизик О. Амперер, А. [Вегенер](#), амер. учёный Ф. Тейлор, А. [Холмс](#), Дж. Джоли, голл. геофизик Ф. Вейнинг-Мейнец, Р. [Шмайб](#), Э. [Арган](#), нем. и австрал. учёные О. Хильгенберг и Л. Эдвед). Сторонники [фиксизма](#) отстаивали примат вертикальных тектонич. движений (Р. В. ван [Беммелен](#), амер. учёные Э. Хаарман, Б. и Р. Виллисы, В. В. [Белоусов](#) и др.). В начале века построение моделей горообразования основывалось на концепции покровного строения горных сооружений, но к 1940-м гг. интерес к покровам угас, мн. геологи стали отрицать возможность проявления крупных горизонтальных перемещений. В 1930–50-е гг. восторжествовало учение о геосинклиналях, которое оказало решающее влияние на развитие теоретич. и практич. Г. в этот период. Геотектоника выделилась в отд. науч. дисциплину; развитие её разделов (учения о геосинклиналях и платформах) нашло отражение в работах Х. [Штилле](#), Дж. М. [Кея](#), рос. геологов А. Д. Архангельского, Н. С. Шатского, В. В. Белоусова, А. В. Пейве, А. Л. Яншина, А. А. Богданова, М. В. Муратова, В. Е. Хаина и др. В 1940-х гг. в геотектонике сформировались учение о глубинных разломах (амер. геолог У. Хоббс, немецкие – Х. Клоос и Х. Штилле, швейц. – Р. Зондер и рос. – А. В. Пейве) и неотектоника (В. А.

Обручев, С. С. [Шульц](#), Н. И. [Николаев](#)). Установлены глобальные тектонич. события, подтверждающие в определённой степени синхронность активизации геологич. процессов в масштабе всей Земли, а также локальное распределение складчатости и её миграцию во времени и пространстве. Это получило наглядное отображение в изданных впоследствии обзорных тектонич. картах мира, Европы и др. крупных регионов нашей планеты. Региональные исследования стали основой науч. прогноза в Г. Были созданы геологич. карты для б. ч. площади континентов, вышли в свет обобщающие работы по Г. отд. регионов (рос. геологи А. Д. Архангельский, А. Н. Мазарович, Д. И. Мушкетов, Д. В. Наливкин, А. А. Борисяк, В. А. Обручев, В. И. Попов, Н. С. Шатский, амер. – А. Ирдли, Дж. М. Кей и Ф. Кинг, а также Э. Арган, Р. Штауб, Х. Штилле). Биостратиграфич. метод был распространён на поздний докембрий, выделены рифей (Н. С. Шатский) и венд (Б. С. [Соколов](#)). Оформились в качестве самостоят. дисциплин микропалеонтология и палинология. Стало интенсивно развиваться физико-химич. направление в петрографии (Ю. Г. Л. [Фогт](#), В. М. Гольдшмидт, Е. С. Фёдоров, Н. С. [Курнаков](#), Н. Л. [Боуэн](#), П. [Ниггли](#), А. Н. [Заварицкий](#), В. Н. [Подочников](#), Д. С. [Коржинский](#), В. С. Соболев), обособилось учение о метаморфизме горных пород (В. М. Гольдшмидт, фин. геолог Я. Сидерхольм, швейц. – У. Грубенман, амер. – Ч. Р. Ван Хайз и австр. – Ф. И. К. Бекке, а также Ю. Лукашевич, О. Мишель-Леви, П. [Эскола](#), П. Ниггли, Д. С. Коржинский), петрография осадочных пород оформилась в самостоятельную науку – литологию (амер. геологи У. Твенхофел и У. Крумбейн, российские – М. С. Швецов, Л. В. Пустовалов, Н. М. [Страхов](#), Л. Б. [Рухин](#), В. П. Батурин и др.), зародилась геохимия, становление которой связано с именами Ф. У. [Кларка](#), В. И. [Вернадского](#), А. Е. [Ферсмана](#) и В. М. Гольдшмидта. Идея Э. [Резерфорда](#) о возможности определения геологич. возраста горных пород с помощью радиоизотопов нашла воплощение в трудах амер. исследователей Б. Болтвуда, Дж. У. Рэля и Дж. Баррелла, А. Холмса. Опубликованная Холмсом (1913) и уточнённая Барреллом (1917) геохронологич. шкала фанерозоя не существенно отличается от современной. Подлинная революция произошла в кристаллографии и минералогии. Открытие естественной радиоактивности и успехи физики микромира на долгие годы определили стратегию изучения вещества. Рентгеноструктурный, а затем рентгенофазовый анализы стали осн. методами определения кристаллич. структуры и состава минералов (нем. физик М. Лауе, английские – У. Г. Брэгг, У. Л. Брэгг, рос. кристаллограф Г. В. [Вульф](#) и др.). Наступил кристаллохимич. этап развития минералогии (П. Г. Грот, В. И. Вернадский, Е. С. Фёдоров, Н. В. [Белов](#), А. В. [Шубников](#) и др.). К сер. 20 в. методами рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии удалось расшифровать структуру глинистых минералов (амер. учёный Р. Гримм). В 1-й пол. 20 в. понятие «полезные ископаемые» претерпело существенное изменение. Урановые руды, нефть и др. ранее не использовавшиеся минер. ресурсы стали объектами поисков, повысилась потребность в традиц. видах полезных ископаемых. Вопросы о путях и способах переноса рудного вещества продолжали оставаться в эпицентре геологич. дискуссий (В. [Линдгрэн](#), К. [Богданович](#), А. Е. Ферсман, У. Х. [Эммонс](#), П. Ниггли, В. А. Обручев, В. И. Вернадский, Д. С. Коржинский, А. Г. [Бетехтин](#), амер. геологи Дж. Э. Спёрр и Р. Салливан, нем. учёный Х. Шнейдерхён, Г. А. [Твалчрелидзе](#) и др.). К 1960-м гг. сформировалось новое науч. направление – региональная металлогения (С. С. [Смирнов](#), Ю. А. [Билибин](#) и др.). К 1950-м гг. во мн. странах была реализована программа глубокого бурения сети опорных параметрич. скважин. Расширились представления о географии нефтегазоносных районов, началось освоение нефтегазоносных платформенных территорий. В 1940–50-е гг. зародилось учение о нефтегазоносных бассейнах (И. О. [Брод](#), В. Н. Вебер, В. Е. Хаин, амер. геолог Л. Г. Уикс); в дополнение к структурным, антиклинальным залежам, известным уже в 19 в., были открыты новые их типы – литологические, стратиграфические. Долгое время конкурировали гипотезы абиогенного (амер. геолог Мак-Дермот и российские – Н. А. [Кудрявцев](#), В. Б. Порфирьев) и биогенного происхождения нефти (Г. Потонье, Германия; Г. П. Михайловский, В. И. Вернадский, И. М. Губкин, В. Н. Вебер,

К. П. Калицкий, Россия). Начались многоплановые углепетрографич. исследования (англ. геолог М. Стопс, амер. – Д. Уайт, российские – Л. И. Лутугин, М. Д. Залесский, Г. А. Иванов, Ю. А. Жемчужников, Е. Г. Погребицкий, П. И. [Степанов](#), Г. Ф. Крашенинников, А.К. [Мамвеев](#)). В палеогеографии значит. достижением стало создание атласов литолого-палеогеографич. карт крупных регионов мира (Сев. Америка, Русская платформа, СССР), большой вклад в разработку методики которых внесли А. П. Карпинский, Н. И. Андрусов, Э. Ог, Ю. Лукашевич, Ч. Шухерт, В. Д. [Наливкин](#), Н. М. Страхов, Л. Б. Рухин и др. Отработанная методика составления этих карт затем была положена в основу составления палеогеографич. и палеотектонич. карт мира.

Разработка осн. теоретич. проблем гидрогеологии этого периода связана с именами Э. Зюсса, рос. учёных В. И. Вернадского, Н. Ф. Погребова, П. Н. Чирвинского, А. Н. Семихатова, И. П. Герасимова, А. М. Овчинникова, Б. И. Куделина, Г. Н. Каменского, П. В. Отоцкого, Н. И. Толстихина, Ф. П. Саваренского, О. К. Ланге, амер. учёного Г. Робинсона и др. В 1930–40-е гг. в гидрогеологии на первый план выдвинулось изучение артезианских бассейнов. На смену инфильтрационной гипотезе происхождения подземных вод пришла концепция конденсации, предложенная рос. исследователем А. Ф. Лебедевым. В 1940 в Красном м. было открыто явление разгрузки гидротерм, что положило начало развитию морской гидрогеологии. В 1956 организована Междунар. ассоциация гидрогеологов.

В 1-й четв. 20 в. возникла инж. геология, которая развивалась по двум существенно разл. направлениям – геологическому (рос. учёные Ф. П. Саваренский, В. А. Приклонский, И. В. Попов, М. М. Филатов, Н. В. Орнадский, С. С. Морозов, Н. И. Николаев и др.) и геотехническому (амер. исследователь К. Терцаги, российские – Н. Н. Маслов, Н. А. Цытович). В 1925–30-е гг. от инж. геологии отделилась новая науч. дисциплина – мерзлотоведение (геокриология), становление которой связано с именами М. И. [Сумгина](#), В. А. Обручева, В. И. Вернадского, Н. А. Цытовича и др. В 1950–1960-е гг. начались активные исследования механизмов геокриологич. процессов, их энергетики, динамики (В. А. Кудрявцев и др.).

1-я пол. 20 в. была временем форсированного внедрения в геологич. практику геофизич. методов исследования Земли. Успехи сейсмологии (Б. Б. Голицын, А. [Мохоровичич](#), Б. [Гутенберг](#), И. Г. [Леман](#), нем. геофизик К. Конрад и др.) позволили создать модель оболочечного строения земного шара, вплоть до внутр. ядра, получившую впоследствии известность как модель Джефриса-Буллена. В 1-й четв. 20 в. начали развиваться сейсмич. методы разведки (нем. геофизик Л. Минтроп, отеч. учёные В. С. Воюцкий, А. И. Заборовский и др.). Для регионального изучения строения земной коры в нач. 1950-х гг. на базе корреляционного метода преломлённых волн (КМПВ) Г. А. [Гамбурцев](#) разработал метод глубинного сейсмич. зондирования (ГСЗ). К 1920–30-м гг. разработаны методы электроразведки (К. Шлюмберже, Франция; К. Лундберг и Х. Зундберг, Швеция), проведены измерения ускорения силы тяжести с плавучих станций на акватории (голл. геофизик Ф. Вейнинг-Мейнец, рос. исследователи Л. В. Сорокин и В. В. [Федынский](#)). В 1936 рос. учёный А. А. Логачёв (совм. с А. Т. Майбородой) изобрёл аэромагнитометр, применение которого обеспечило оперативную магнитную съёмку крупных регионов. Нач. 20 в. – время становления промысловой геофизики (К. Шлюмберже и др.). Огромное влияние на развитие геофизики с целью изучения Земли оказала реализация программ 2-го Междунар. полярного года (1932–33) и 1-го Междунар. геофизич. года (1957–58).

1960-е гг. обозначили переломный этап развития Г., получивший в литературе назв. «новейший период», в значит. мере определивший её совр. состояние и изменивший представления о строении литосферы и истории её развития, процессах, протекающих в глубинных оболочках Земли. Это обусловлено прежде всего началом

широких, многоплановых исследований дна Мирового ок., освоением космич. пространства и исследованиями из космоса Земли и др. планет Солнечной системы, проникновением в Г. новых физич. и химич. методов исследования вещества, а также успехами, достигнутыми в сейсмич. изучении Земли в целом и её отд. оболочек. Создание геоинформационных систем и применение цифровых методов оказали решающее влияние на методику и методологию обработки и анализа получаемой информации. Гл. особенность этого периода – открытие мировой системы срединно-океанич. хребтов и осложняющих их строение осевых рифтов (амер. учёные Б. Хейзен, М. Троп), выявление относительно молодого возраста дна Мирового ок. и возрождение в связи с этим идей мобилизма, появление и становление новой парадигмы геологии – тектоники плит (амер. геофизики Г. Хесс, Р. Дитц, Дж. Морган, Б. Изакс, Дж. Оливер, Л. Сайкс, англ. исследователи Д. Маккензи, Ф. Паркер, франц. геофизик К. Ле Пишон, канад. учёный Дж. Т. Вилсон, рос. геологи Л. П. Зоненшайн, О. Г. Сорохтин, В. Е. Хаин и др.). Палеомагнитные данные по океанам (англ. геофизики Ф. Вайн и Д. Метьюз) позволили создать первую магнитостратиграфич. шкалу до позднего мела (амер. геофизики А. Кокс, Б. Дальримпл, Р. Доэлл, Дж. Хейртцлер, У. Питмен, М. Тальвани; К. Ле Пишон и др.). Определения остаточного магнетизма по континентальным породам для разл. регионов дали возможность продлить магнитостратиграфич. шкалу на весь фанерозой (англ. геофизики П. Блэкетт, К. Ранкорн, российские – А. Н. Храмов, Д. М. Печерский и др.). В 1968 в рамках междунар. проектов начались первые крупномасштабные буровые исследования ложа Мирового океана и его осадочного чехла. Составлена карта возраста ложа океана и его консолидированной коры, установлены характер распределения материала осадочного чехла, изменение его состава и мощности во времени и пространстве. Ряд новых достаточно крупных черт рельефа океанич. дна определён путём альтиметрич. съёмки поверхности океана с амер. спутника «Seasat». В 1980-е гг. методами космич. геодезии начались исследования, направленные на прямое измерение совр. движений литосферных плит. С помощью сейсмостратиграфии была расшифрована структура осадочного чехла большинства осадочных бассейнов акваторий и континентов. Сейсмич. методами отражённых волн было изучено строение земной коры в пределах покровно-складчатых сооружений и платформ. Новые перспективы познания глубинной структуры Земли открылись с применением сейсмической томографии, данные которой позволили представить геодинамич. процессы, происходящие в разл. оболочках Земли до ядра включительно (амер. учёные А. М. Дзевонский, Дж. Х. Вудхауз и др.). Всемирное признание получили результаты бурения Кольской сверхглубокой скважины. К безусловным успехам континентальной Г. следует отнести также широкомасштабные, всесторонние исследования континентальных рифтов (В. В. Белоусов, Е. Е. Милановский, Н. А. Логачёв, В. С. Сурков, А. В. Разваляев, Россия; Д. Маккензи, Великобритания; Б. Вернике, США). Для познания состава и состояния вещества в глубоких недрах Земли большое значение приобрели данные эксперим. минералогии. С помощью эксперим. наковален удалось добиться получения давлений, которые предполагаются на разл. глубинах в мантии Земли, вплоть до её границы с ядром. Методами рентгеноструктурного анализа к сер. 1990-х гг. было расшифровано св. 200 тыс. структур минералов. Применение микронзонда позволило включить в орбиту исследований минералы, состав которых связан практически со всеми химич. элементами периодич. системы. Петро- и геохимич. исследования приобрели геодинамич. направленность. Стало возможным использование вариаций состава некоторых семейств минералов в качестве геотермометров и геобарометров и определение термодинамич. параметров становления метаморфич. пород. Успехи изотопной геохронологии оказали решающее влияние на расшифровку строения докембрийских комплексов и восстановление ранних стадий развития Земли. В пределах докембрийских комплексов были выделены структуры разного возраста и генезиса (гранит-зеленокаменные области, зеленокаменные и гранулитогнейсовые пояса, протоавлакогены и др.). Все

эти и др. структуры нашли отражение на геологич. картах, составленных в разных масштабах для всех континентов. В связи с развитием космич. исследований и обновлением аналитич. базы геохимия от изучения химич. состава Земли перешла на межпланетный и космич. уровень, петрологич. исследования распространились на космич. объекты (Луна, Венера, Марс); составлены геологич., геоморфологич., тектонич. карты Марса, Венеры, Луны и др. планет и их спутников. Возникло новое науч. направление – сравнительная планетология. В результате интенсивных эксперим. и теоретич. исследований создана новая концепция о природных флюидах (А. А. [Маракушев](#), Л. Л. [Перчук](#) и др.). Намечены общие стороны процессов рудо- и нефтеобразования, связанные с единым флюидодинамич. механизмом их формирования (Д. О. Горжевский, Б. А. Соколов, В. И. Старостин). Осадкообразование начали рассматривать во взаимосвязи с процессами, протекающими во всех оболочках Земли; литология стала глобальной наукой. В связи с разработкой методов изотопной геохронологии пережила существенное обновление стратиграфия. Важную роль в её развитии сыграли геофизич. методы – магнитостратиграфия и сейсмостратиграфия. Появилась возможность стратификации отложений с использованием методов бактериальной и молекулярной палеонтологии. Получены многочисл. данные о наличии биоты в виде бактерий в породах раннего докембрия (с возрастом 2,2 и даже 3,8 млрд. лет). Обнаружены признаки присутствия организмов в метеоритном веществе, возраст которого оценивается в 4,2 млрд. лет. Это открывает новые возможности в стратификации древних отложений и решения фундам. проблемы естествознания – возникновения биосферы.

В области структурной геологии возникла необходимость разработки ранговой модели структурообразования в неоднородной, сложно структурированной геологич. среде, основанной на процессах самоорганизации вещества и фрактальной (дробной) делимости литосферы (М. А. [Садовский](#) и др.). Геологич. объекты обладают признаками самоподобия и самоорганизации, для них характерны разл. флуктуации, вызывающие хаотичность протекающих в них процессов во времени и пространстве. Исследования изменчивости состояний и эволюции подобных неравновесных систем лежат в области рассмотрения нелинейной геодинамики, завоёвывающей прочные позиции в изучении причин изменения лика Земли. Катастрофизм стал рассматриваться как неотъемлемая часть эволюционного процесса. В геологич. практику входит работа с огромными массивами данных, использование специализир. баз данных новейших геоинформационных технологий, что привело к появлению новой науч. дисциплины – геоинформатики. Принципиальные изменения произошли в области Г. полезных ископаемых. Геологи последовательно вовлекали в орбиту своих исследований руды урана, редкоземельных элементов, всё новые и новые виды полезных ископаемых, охватившие к кон. 20 в. практически все химич. элементы периодич. системы. В нач. 21 в. большой объём добываемой в мире нефти и горючего газа связан с освоением акватории Мирового ок., а бурение и эксплуатация ведутся на глубинах моря св. 2200 м. В учении о рудных месторождениях весьма значительным стало применение геодинамич. критериев прогноза. Резко повышается удельный вес исследований инженерно-геологич. цикла в связи с обострившимися проблемами экологии. В ходе реализации инженерно-геологич. исследований была поставлена задача выявления глобальной зональности инженерно-геологич. условий континентов и Земли в целом; постепенно это направление исследований перерастает в более широкое – геоэкологию. В рассматриваемый период практически не осталось геологич. «белых пятен» на поверхности Земли. Во всех странах было проведено геологич. картирование и составлены геологич. карты разных масштабов. Гл. особенностью этих карт явилось отражение структуры и возраста дна Мирового ок., а также детальное расчленение и районирование докембрийских комплексов. Новое поколение тектонич. карт составляется на геодинамич. основе. Данные

сейсмич. томографии, сравнительный анализ геологии планет Солнечной системы, спутниковая альтиметрия, данные изотопной геохимии, компьютерное и физич. моделирование дали ключ к пониманию глубинных процессов, протекающих в нижней мантии Земли, на границах: ядро – мантия, внешнее – внутреннее ядро. Оказалось, что эти данные лежат за рамками применения совр. парадигмы геологии – тектоники литосферных плит, в связи с чем поставлена задача создания глобальной геодинамич. модели Земли, изучения её геодинамич. эволюции, определения её места в общем эволюционном ряду планет земной группы (Л. П. Зоненшайн, М. И. Кузьмин, Н. Л. Добрецов, В. Е. Хаин, М. А. Гончаров).

На совр. этапе геологич. знания играют чрезвычайно важную роль в решении мн. задач, остро стоящих перед человечеством. Так, вопрос обеспечения его природными ресурсами влияет на принятие важных решений в области экономики, энергетики, геополитики, экологии и др., связанных с проблемой выживания человечества в целом. Вместе с тем стоящие перед Г. науч. проблемы (такие как возникновение и развитие нашей планеты) относятся к разряду мировоззренческих, влияющих на понимание происхождения жизни на Земле.

Об истории развития геологич. знаний см. подробнее в статьях об отд. геологич. науках; об исследованиях отеч. учёных в области Г. см. также в разделе Наука в томе «Россия».

Научные организации, международное сотрудничество, периодические издания

В России геологич. исследования, координируемые Отделением наук о Земле РАН, ведутся: в академич. институтах – [Геологическом институте](#), [Геологии рудных месторождений](#), [петрографии](#), [минералогии и геохимии институте](#), [Геохимии и аналитической химии институте](#), Ин-те эксперим. минералогии, Объединённом ин-те физики Земли им. О. Ю. Шмидта, Ин-те геологии и геохронологии докембрия, Ин-те динамики геосфер, Ин-те проблем комплексного освоения недр и др.; в геологич. институтах региональных отделений РАН в Новосибирске ([Геологии и минералогии институт](#), [Нефтегазовой геологии и геофизики институт](#)), а также в Екатеринбурге, Сыктывкаре, Уфе, Петрозаводске, Иркутске, Хабаровске, Владивостоке и др.; в ведомственных институтах Мин-ва природных ресурсов – [Геологическом институте](#) им. А. П. Карпинского, Центральном н.-и. геолого-разведочном ин-те цветных и благородных металлов, Ин-те минералогии, геохимии и кристаллографии редких элементов, [Геологическом нефтяном институте](#), Всерос. нефтяном н.-и. геолого-разведочном ин-те и др., а также в Моск., С.-Петербур. и др. гос. университетах. Практич. работу по координации геологич. исследований в соответствующих областях науки осуществляют Всерос. минералогич. об-во, Всерос. палеонтологич. об-во, Межведомств. стратиграфич., петрографич., литологич., тектонич. и др. комитеты и ряд науч. советов. Функционируют Нац. к-т геологов, Нац. геофизич. к-т, Нац. к-т по междунар. программе геологич. корреляции, которые способствуют широкому участию рос. геологов в междунар. конференциях, симпозиумах и семинарах за счёт привлечения средств разл. фондов. В зарубежных странах исследования в области Г. ведутся гл. обр. в вузах, а также в н.-и. институтах, лабораториях.

Междунар. сотрудничество проводится в рамках региональных объединений учёных-геологов – европейских и североамериканских (Амер. геологич. об-во, основано в 1888; Амер. геофизич. союз, 1919; Амер. ассоциация геологов-нефтяников). Европ. геологи периодически собираются на съезды геологич. обществ (с 1975) и собрания Европ. союза геологич. наук (с 1981, г. Страсбур). Съезды европ. геофизиков проводятся в г. Ницца. Североамер. учёные проводят по две науч. сессии в год. Общие вопросы Г. обсуждаются на сессиях Междунар. геологич. конгресса (с 1878). Согласно междунар. геологич. программе «Литосфера», при поддержке Европ.

фонда науч. исследований, осуществляется проект «Европроба», предусматривающий комплексное изучение глубинного строения Европы. С программой «Литосфера» также связана работа по составлению глубинных профилей через континенты. В программе глубоководного бурения принимают участие специалисты США, Канады, европ. стран и Японии. Междунар. полигоном стала Антарктида, в геолого-геофизич. исследовании которой участвуют учёные России, США, Великобритании, Японии, Австралии, Новой Зеландии и др. стран. В изучении Арктики объединяют усилия рос., амер., канад., нем. и сканд. геологи. Широкое распространение получают двух- и трёхсторонние совместные геолого-геофизич. проекты. Функционируют [геологические службы](#), организующие геологич. съёмку территорий разл. стран, работы по воспроизводству минерально-сырьевой базы и рациональному недропользованию. Издаются междунар. специализир. журналы (см. в статьях о соответствующих науках). Расширяется электронная база носителей геологич. информации.

Литература

Лит.: История геологии. М., 1973; Хэллем А. Великие геологические споры. М., 1985; Резанов И. А. История геотектонических идей. М., 1987; Белоусов В. В. Очерки истории геологии. М., 1993; Суворов А. И. История мобилизма в геотектонике. М., 1994; Круть И. В. Развитие общенаучных оснований геологии. М., 1995; Хаин В. Е. Основные проблемы современной геологии. 2-е изд. М., 2003; Хаин В. Е., Рябухин А. Г. История и методология геологических наук. 2-е изд. М., 2004.