



ГЕОЛО́ГИЯ ПОЛÉЗНЫХ ИСКОПА́ЕМЫХ

Авторы: В. И. Старостин

ГЕОЛО́ГИЯ ПОЛÉЗНЫХ ИСКОПА́ЕМЫХ, геологич. наука, исследующая условия образования и закономерности распределения в пространстве и времени твёрдых, жидких и газообразных полезных ископаемых. Выделяют 4 объекта исследования: металлические (руды металлов), неметаллические (горно-химич., агрохимич., промышленное, пьезооптич., камнесамоцветное сырьё, природные строит. материалы и сырьё для их производства), горючие (нефть и газ, уголь, горючие сланцы, торф) и гидроминеральные полезные ископаемые. По объектам исследования выделились в самостоят. направления: геология нефти и газа, угольная геология, рудная геология, геология неметаллических полезных ископаемых и [гидрогеология](#).

Осн. методы исследования: детальное геологич. картирование, аэрокосмический, палео-, структурно-, литолого-фациальный, стадийный, формационный, структурно-петрофизический анализы, комплекс минералого-геохимич. методов (изотопной геохронологии, минераграфический, микрозондовый, спектральный и др.), трёхмерное компьютерное моделирование, геоинформационных систем технологии (ГИС-технологии), статистические методы и др. Г. п. и. при изучении состава полезных ископаемых опирается также на данные и методы минералогии, кристаллографии, геохимии, литологии и петрологии; в исследовании пространственных закономерностей размещения и строения месторождений полезных ископаемых – структурной геологии, геофизики, тектоники, региональной и историч. геологии.

Геология полезных ископаемых в 16–19 вв

Первые науч. представления о происхождении полезных ископаемых основывались на господствовавших в течение 16–18 вв. гипотезах непунистов, связывающих образование горных пород, в т. ч. и полезных ископаемых, с водной стихией, и плутонистов, объясняющих эти процессы подземным жаром Земли. Первый наиболее фундам. труд о природе полезных ископаемых был написан Г. [Агриколой](#), придерживавшимся непунистич. взглядов, объяснявшим образование рудных тел процессом загустения циркулировавших по трещинам горячих насыщенных металлами растворов. С позиций плутонистов рассматривал происхождение полезных ископаемых Р. [Декарт](#), представлявший Землю остывшей звездой с раскалённым ядром, из которого в результате вихревого движения материальных частиц извлекаются рудные минералы и отлагаются в трещинах остывших пород вблизи поверхности. Пик спора между гипотезами непунизма (А. Г. [Вернер](#)) и плутонизма (Дж. [Геттон](#)) – сер. 18 и 19 вв. С позиций плутонистов франц. учёный Ж. Фурно (1853) и англ. учёный Т. Белт (1861) разработали теорию происхождения месторождений из магматич. расплавов. На базе непунистич. представлений выделилось инфильтрационное направление в объяснении рудообразования – франц. исследователи Л. де Лоне (впервые предложивший в 1897 термин «гидротермальные месторождения») и Ж. [Эли де Бомон](#) сформулировали гидротермальную теорию. Оригинальные концепции рудообразования выдвинули также Б. Кота и Ф. Зандбергер (Германия), Ч. Р. Ван Хайз (США), Ф. Б. Пошепни (Чехия), Ж. ле Конт (Франция) и др. К кон. 19 в. спор непунистов с плутонистами потерял актуальность в связи с тем, что выявилась полигенная

природа полезных ископаемых. Амер. геолог В. Линдгрэн создал в 1913 классификацию рудных месторождений, не потерявшую доныне своего значения. В кон. 19 в. нефть стали рассматривать как полезное ископаемое, высказаны первые предположения о её происхождении и закономерностях скопления (Д. Уайт, США; Г. Гефер, Австрия; Т. Хант, Канада; Г. Потонье, Германия).

Начало систематич. изучению полезных ископаемых в России положено созданием Петром I в 1700 Приказа рудокопных дел, в 1717 – Берг-мануфактур-коллегии (с 1722 Берг-коллегия) и учреждением в 1724 Рос. АН. Одной из первых сводок о минер. богатствах служит написанная В. Н. Татищевым многотомная «История Российская с самых древнейших времён» (1768–1848). Подробные сведения о 25 уральских и сибирских горных заводах даны В. И. [Генниным](#). Теоретич. основой учения о полезных ископаемых в этот период стали труды М. В. [Ломоносова](#), высказавшего первые в рос. науке представления о происхождении полезных ископаемых. В них развивались новые для того времени идеи о разл. механизмах образования месторождений – экзогенном и эндогенном («Первые основания металлургии или рудных дел», 1763; «О слоях земных», 1763; «Слово о рождении металлов от трясения земли», 1757, и др.). В 1773 было открыто С.-Петербург. горное уч-ще (позже С.-Петербург. горный ин-т). С 1825 стал издаваться «Горный журнал». Важными центрами подготовки исследователей месторождений стали С.-Петербург. и Моск. ун-ты. Крупный вклад в развитие учения о полезных ископаемых внесли Д. И. Соколов (о месторождениях золота) и Г. Е. [Щуровский](#) (о рудных и угольных месторождениях). Во 2-й пол. 19 в. сформировались первые представления о природе нефти и возможности залегания её в пустотах пород (Д. И. [Менделеев](#), 1876), о связи скоплений нефти с трещинами и разломами в породах (В. Г. [Абих](#), 1847; Н. А. Соколов, 1896, и др.), зародилась антиклинальная теория поисков нефти и газа (Абих). Большое значение в становлении Г. п. и. сыграл [Геологический комитет](#) (Геолком), положивший начало планомерному изучению природных ресурсов России. Организованные им экспедиции (на Кавказ, Дальний Восток, в Ср. Азию) дали богатейший фактич. материал по региональной геологии, рудоносности и нефтегазоносности ранее не исследованных территорий, послуживший фундаментом последующих теоретич. моделей рудо- и нефтеобразования. Были открыты Донецкий и Кузнецкий угольные бассейны, крупные месторождения руд золота, платины, полиметаллов на Урале, Алтае, в Забайкалье и в др. регионах. В работах Геолкома принимали участие А. П. [Карпинский](#), А. П. [Павлов](#), Л. И. [Лутугин](#), К. Богданович, В. А. [Обручев](#) и др., разработавшие принципы разномасштабного картирования и выявившие условия формирования осн. типов месторождений полезных ископаемых.

К нач. 20 в. в Г. п. и. сложилось неск. науч. школ: немецкая, отличающаяся детальным изучением вещества (Х. Шнейдерхён, П. Рамдор и др.); американская, развивающая структурное физико-химическое и термодинамическое направления (В. Линдгрэн, У. Х. [Эммонс](#) и др.); японская, уделяющая большое внимание субмаринному вулканогенному рудообразованию (Т. Като, Т. Ватанабэ, Т. Тацуми и др.); французская, акцентирующая внимание на региональном анализе в образовании месторождений полезных ископаемых (Л. де Лоне, Ж. Эли де Бомон, П. Рутье, П. Лаффит и др.), и российская, отличающаяся геолого-историч. подходом к изучению месторождений полезных ископаемых.

Геология полезных ископаемых в 20 в

Этот период характеризуется превращением учения о полезных ископаемых из эмпирической в фундам. науч. дисциплину. Разработка принципов изотопной геохронологии, становление методов поисковой геохимии, прикладной геофизики и др. позволили выработать науч. подход к поиску месторождений, на базе новых идей

[тектоники плит](#) создать геодинамич. модели практически всех типов полезных ископаемых. В пром. оборот были вовлечены новые виды полезных ископаемых – урановые руды, пьезооптическое сырьё, диэлектрические природные материалы, инертные газы; расширился список добываемых цветных, редких и редкоземельных элементов, химич. сырья и строит. материалов. В связи с этим кардинально изменилось содержание понятия «полезное ископаемое», объединившее практически все химич. элементы периодич. системы. Произошла дифференциация исследований по видам минер. сырья.

Теоретич. основы геологии нефти и газа, заложенные А. Леворсеном (США) и И. М. [Губкиным](#) (учение о нефти, 1932), развивались в СССР в работах М. И. Баренцева, К. Р. Непикова, А. А. Бакирова и др. С именем А. А. [Трофимука](#) связаны открытие и изучение новых нефтегазоносных Волго-Уральской и Западно-Сибирской провинций. Работы А. Д. [Архангельского](#) (1925) по органич. веществу осадочных пород стали основополагающими для нового направления исследований – геохимии органич. вещества пород и нефтематеринских толщ, которое развивали в России В. А. Успенский (1952), К. Ф. Родионова (1981), в США Дж. Хант (1979), во Франции Б. Тиссо (1971) и др. В теории преобразования органич. вещества наметилось два направления: учение о «главной фазе», развитое в трудах рос. геологов Н. Б. [Вассоевича](#) (1969), С. Г. Неручева (1969), А. Э. [Конторовича](#) (1976) и др., в котором осн. факторами преобразования органич. вещества в нефть принимаются термokatалитич. процессы, протекающие при температурах 80–150 °С; учение о «циклах нефтегазообразования» (Т. А. Ботнева, Н. А. Ерёменко, С. П. Максимов и др.), согласно которому процессы образования углеводородов могут протекать в широком интервале температур на разных стадиях литогенеза под действием разл. источников энергии, в т. ч. при участии собственной энергии органич. вещества. Изучение коллекторов нефти и газа, начатое П. П. Авдусиным (1938), было продолжено для терригенных коллекторов Т. Т. Клубовой (1957) и А. А. Ханиным (1963), для карбонатных – Е. М. Смеховым (1961) и др. Особенно плодотворным при изучении коллекторов и покрышек стало применение геофизич. методов исследования скважин (В. Н. Дахнов, 1962; В. М. Добрынин, 1970, и др.). Закономерности изменения свойств коллекторов на больших глубинах рассмотрены в работах О. А. Черникова и др. Необходимость комплексного изучения коллекторов и покрышек в земной коре была показана И. О. [Бродом](#) в учении о природных резервуарах. В развитии теории миграции углеводородов в земной коре большую роль сыграли работы В. А. Соколова. Возможность миграции углеводородов на молекулярном уровне раскрыта в работах П. Л. Антонова (1937) и др. Миграции углеводородов в истинных и коллоидных водных растворах посвящены труды отеч. геологов М. Ф. Двали (1942), А. Ю. Намиота (1976), Э. Б. Чекалюка (1977), амер. учёного Л. Прайса (1984) и др. Миграция струй жидкой нефти рассмотрена В. П. Савченко (1958), И. В. Высоцким (1981), амер. исследователями М. Хаббертом (1963), К. Магарой (1978) и др. Принципиальное значение приобрели эксперим. работы и теоретич. исследования (1940–50) М. А. [Капелюшниковой](#), Т. П. Жузе, М. Ф. Двали и др., доказавших возможность миграции жидких углеводородов в газорастворённом состоянии. В развитии представлений об аккумуляции существенную роль сыграла теория дифференциального улавливания, предложенная в 1950-х гг. в СССР С. П. Максимовым, в США В. Гассоу. Детальное исследование форм скоплений нефти и газа и закономерностей их размещения в недрах привело к развитию учения о нефтегазоносных провинциях и бассейнах, основы которого заложили в СССР Брод (1951) и Бакиров (1954), в США Леворсен (1954), продолжили исследования (в т. ч. разработка принципов [нефтегеологического районирования](#)) в 1970–85 рос. учёные И. В. Высоцкий, Г. Х. Дикенштейн, С. П. Максимов, И. И. Нестеров, В. Б. Оленин, В. В. Семенович, Б. А. Соколов и др. Использование в нефтегеологич. районировании теории органич. происхождения нефти позволило перейти к прогнозной оценке ресурсов нефти и

газа в нефтегазоносном бассейне. Региональные исследования в СССР проводились (1975–85) под рук. А. Э. Конторовича, В. Д. [Наливкина](#), С. Г. Неручева, Н. А. Крылова, Ю. Т. Афанасьева, С. П. Максимова, М. К. Калинко, В. И. Ермакова; обобщающие работы (1970–85) осуществлялись под рук. Трофимука, Бакирова, Семеновича и И. П. Жабрева. Особенности распространения нефтегазоносных бассейнов в акваториях и их классификации изложены в трудах рос. геологов Калинко (1964), Л. Э. Левина (1970), Жабрева (1981), Ю. К. Бурлина (1981) и др., амер. учёных К. О. Эмери (1969), Х. Д. Хедберга (1970), А. Бейли (1975) и др.

Крупный вклад в угольную геологию внёс П. И. [Степанов](#), создавший представление о генетич. типах угольных бассейнов, зонах и узлах угленакопления. Ю. А. [Жемчужников](#) разработал методы петрографич. изучения состава углей под микроскопом и на этой основе предложил способ корреляции угольных пластов по составу содержащихся в них спор. Интенсивное развитие методов петрографич. изучения состава углей связано с именами Л. И. Лутугина, М. Д. Залесского, Е. Г. Погребницкого, Г. Ф. Крашенинникова, разработка формационного анализа угленосных комплексов – с именами Г. А. Иванова, П. П. [Тимофеева](#), систематизация характеристик угольных бассейнов мира – с именем А. К. [Матвеева](#).

В области рудной геологии существенный вклад был сделан В. А. Обручевым и М. А. [Усовым](#), разработавшими основы генетич. классификации месторождений с выделением магматогенной, седиментогенной и метаморфогенной серий рудных образований. А. Н. [Заварицкий](#) обосновал существование магматич. рудных месторождений ликвационного, раннемагматического и позднемагматического классов. С 1920-х гг. формируется новая ветвь учения о полезных ископаемых – металлогения, исследующая глобальные и региональные условия формирования и размещения месторождений полезных ископаемых в связи с процессами осадкообразования, тектоники, магматизма и метаморфизма. В её развитие большой вклад внесли В. И. [Вернадский](#), В. А. Обручев, А. Е. [Ферсман](#), С. С. [Смирнов](#), Ю. А. [Билибин](#), В. И. [Смирнов](#), Д. В. [Рундквист](#), А. Д. [Щеглов](#) и др. На протяжении 20 в. продолжалась дискуссия о происхождении пегматитовых месторождений. Ферсман рассматривал их как продукты остаточных магматич. расплавов закрытой системы, Заварицкий связывал с метасоматозом, А. А. [Маракушев](#) – с ликвацией гранитной магмы. К концу века стало ясно, что это полигенная группа месторождений, которая может образовываться не только отмеченными выше способами, но и в результате метаморфогенных процессов. В сер. 20 в. был выявлен новый генетич. тип рудных образований – карбонатитовые месторождения апатита, а также редких и редкоземельных элементов, их изучением занимались А. И. Гинзбург, М. И. Бородин, Е. М. Эпштейн и др. Большие науч. споры связаны с происхождением скарновых месторождений. Равноправно рассматриваются три представления: о стадийном гидротермально-метасоматическом генезисе руд (П. П. Пилипенко); об их диффузионно-инфильтрационном метасоматическом образовании (Д. С. [Коржинский](#)) и о стратиформном эксгаляционно-осадочном формировании на океанич. дне большинства относимых к скарновым редкометалльных и железорудных месторождений (А. А. Ковалёв). Представление А. Н. Заварицкого (1950) и С. Н. [Иванова](#) (1960) о субмаринной вулканогенной природе колчеданных месторождений было позднее развито В. И. Смирновым (1965), Г. С. [Дзоценидзе](#), Г. Н. Котляром, обосновавшими их комплексное гидротермально-осадочное и гидротермально-метасоматическое происхождение. Процессы рудообразования в коре выветривания изучались И. И. Гинзбургом (1947), С. С. Смирновым (1951), Ф. В. [Чухровым](#), Е. М. Шмариновичем и др. Крупный вклад в осадочный рудогенез внесли: Н. М. [Страхов](#) – по месторождениям руд железа, марганца и алюминия (бокситы); Ю. А. Билибин (1955), Н. А. [Шило](#) (1981), Н. Г. Патык-Кара, М. А. Великанов и др. – по россыпям и россыпеобразующим формациям. В 1980-х гг. выделены и описаны эпигенетические и осадочно-катагенетические месторождения руд полиметаллов, урана, ванадия, редких земель и др. полезных ископаемых,

образованных потоками грунтовых вод и низкотемпературных гидротермальных растворов (А. М. Лурье, В. Е. Бойцов, Л. Ф. Наркелюн, В. С. Домарев, В. М. Попов, Ю. В. Богданов и др.). Разработаны основы теории метаморфогенного рудообразования (Я. Н. [Белевцев](#), К. О. [Кратц](#) и В. С. [Соболев](#)).

Развитие геологии неметаллических полезных ископаемых, обособившейся в самостоятельное науч. направление в сер. 20 в., связано с именами рос. геологов: В. П. Петрова, П. М. [Тамаринова](#), И. Ф. Романовича, Е. Я. Киевленко, А. Е. Корякина, Н. П. Ермакова, Б. Я. Меренкова и др. Большой вклад внесли также К. С. Курнаков, М. Г. Валяшко – по генезису солеродных бассейнов; А. В. Казаков и В. И. Синяков – по теории фосфоритообразования.

Современное состояние геологии полезных ископаемых

К нач. 21 в. установлено, что в процессе постоянного циклич. круговорота минер. масс в эволюц. развитии Земли формируются все известные типы месторождений полезных ископаемых, принадлежащие к трём основным сериям: эндогенной, экзогенной и метаморфогенной, разделяющимся на группы, классы и генетич. типы. Для каждого генетич. типа месторождений созданы геолого-генетические модели и разработаны прогнозно-поисковые комплексы. Сформировано учение о рудных формациях. Активно разрабатывается единая флюидодинамич. теория образования месторождений полезных ископаемых – металлических, неметаллических и углеводородных, согласно которой перевод полезных компонентов из рассеянного состояния в твёрдых породах во флюиды, их последующие миграция и концентрация в месторождениях осуществляются разл. типами флюидных систем по общим законам саморазвития земной коры. В учении о рудных месторождениях весьма значительным стало применение геодинамич. критериев прогноза.

Научные организации, международное сотрудничество, печать

Исследования в области Г. п. и. ведутся в науч. организациях РАН ([Геологии рудных месторождений, петрографии и геохимии институт](#), [Геологии и минералогии институт](#) СО и др.) и Мин-ва природных ресурсов ([Нефтяной геолого-разведочный институт](#), [Геологический нефтяной институт](#) и др.). Науч. работа по теории формирования месторождений полезных ископаемых, методики их поисков, разведки и оценки осуществляется в вузах (МГУ, Рос. гос. геолого-разведочный ун-т, [Московский горный университет](#), С.-Петерб. горный ин-т, [Уральская горно-геологическая академия](#) и др.).

Междунар. сотрудничество ведётся в рамках Междунар. ассоциации по генезису рудных месторождений (IAGOD, 1964), Междунар. геологич. конгрессов (с 1878), регулярно созываются междунар. конгрессы и симпозиумы по геологии и геохимии нефти и газа.

Научные рос. журналы в области Г. п. и. – «Уголь» (М., 1925), «Разведка и охрана недр» (М., 1931), «Геология нефти и газа» (М., 1957), «Геология рудных месторождений» (М., 1959), «Литоология и полезные ископаемые» (М., 1963), «Нефть России» (М., 1994), «Минеральные ресурсы России. Экономика и управление» (М., 1991); зарубежные – «Economic Geology» [Lancaster (USA), 1905], «Mineralium deposita» (В.; N. Y., 1966).

Литература

Лит.: Матвеев А. К. Геология угольных бассейнов и месторождений СССР. М., 1960; он же. Угольные месторождения зарубежных стран. М., 1966–1974. [Т. 1–3]; Еременко Н. А. Геология нефти и газа. 2-е изд. М.,

1968; Курс месторождений неметаллических полезных ископаемых. М., 1969; Хант Дж. Геохимия и геология нефти и газа. М., 1982; Справочник по геологии нефти и газа / Под ред. Н. А. Ерёмченко. М., 1984; *Романович И. Ф.* Месторождения неметаллических полезных ископаемых. М., 1986; Геология и геохимия нефти и газа / Под ред. В. И. Ермолкина. 2-е изд. М., 1993; Баженова О. К. и др. Геология и геохимия нефти и газа. 2-е изд. М., 2004; Месторождения металлических полезных ископаемых. 2-е изд. М., 2005; *Старостин В. И.*, Игнатов П. А. Геология полезных ископаемых. 2-е изд. М., 2006.